

Návrh a analýza optickej pasívnej siete

Bc. Radoslav Ružička

Diplomová práca
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Radoslav Ružička**
Osobní číslo: **A15184**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh a analýza pasivní optické sítě**
Téma anglicky: **The Design and Analysis of a Passive Optical Network**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na téma optických sítí a technologie PON.
2. Popište způsob výstavby optické infrastruktury.
3. Navrhněte možná řešení ukončení sítě u koncového klienta.
4. Provedte měření navržené infrastruktury.
5. Vypracujte cenovou kalkulaci návrhu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. TRULOVE, James. Sítě LAN: hardware, instalace a zapojení. Praha: Grada, 2009. Profesionál. ISBN 978-80-247-2098-2.
2. BUBNÍK, Lukáš, Jiří KLAJBL a Petr MAZUCH. Optoelektrotechnika [online]. 2015 [cit. 2016-11-01]. ISBN 978-80-88058-20-5. Dostupné z: <https://publi.cz/books/185/Impresum.html>
3. LAFATA, P. Útlumová bilance pasivních optických přístupových sítí [online]. [cit. 2016-12-07]. České vysoké učení technické v Praze, FEL.
4. ŠTEFANČÍK, MATEJ. ANALÝZA OPTICKÝCH PŘÍSTUPOVÝCH SÍTÍ V ČESKÉ REPUBLICE [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-11-23]. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. PETR MÜNSTER.
5. ŠTĚPÁN, PETR. TRENDY PŘÍSTUPOVÝCH SÍTÍ. Brno, 2014. Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Prof. Ing. MILOSLAV FILKA, CSc.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Korbek, Ph.D.

Ústav počítačových a komunikačních systémů

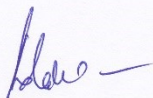
Datum zadání diplomové práce:

3. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce:

24. května 2017

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
veditel ústavu


Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Práca bude zameraná na aplikáciu pasívnych optických sietí medzi poskytovateľmi pripojení a ich koncovými zákazníkmi. Teoretická časť sa bude venovať rozdeleniu FTTx, používaným technológiám, popisu súčastí siete, typom kabeláže a metódam merania a analýzy výslednej siete. V praktickej časti sa bude práca venovať projektovaniu pokladania kabeláže, analýze hotovej siete, výpočtom útlmov, variant riešenia ukončenia siete na strane zákazníka, a kalkulácii nákladov na vybudovanie siete.

Kľúčové slová: GPON, FTTX, optická sieť, ONT, OLT, optický kábel, OTDR.

ABSTRACT

The work will focus on the deployment of passive optical networks between providers connections and their end customers. The theoretical part will be paid to the distribution FTTx, the technology used and the description of network components, cabling types and methods of measurement and analysis of the resulting network. The practical part will be given to designing of work cabling works, analyzing the finished network, calculating attenuation, Variants network termination at the customer, and calculation of the cost of building the network.

Keywords: GPON, FTTX, Fiber network, ONT, OLT, optical cables, OTDR.

Ďakujem Ing. Jiřimu Korbelovi, Ph.D. za odborné vedenie, cenné rady, námety a pripomienky pri spracovávaní diplomovej práce. Ďalej chcem poďakovať kolegovi Ing. Alešovi Chocholatému, ktorý značne prispel svojimi skúsenosťami pri editácii práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Motto:

Člověk je po celý život povinen pracovat na svém zlepšení a zdokonalování.

(Konfucius).

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČASŤ	10
1 OPTICKÉ VLÁKNO	11
1.1 DRUHY OPTICKÝCH VLÁKIEN	11
1.2 SINGLE MODE VLÁKNO	11
1.3 MULTI MODE VLÁKNO	12
1.4 KONŠTRUKCIA OPTICKÝCH VLÁKIEN	12
1.5 VLASTNOSTI OPTICKÝCH VLÁKIEN	14
1.5.1 Merný útlm.....	14
1.5.2 Disperzia	14
1.5.3 PMD - Polarizačná vidová disperzia	14
2 OPTICKÉ PRÍSTUPOVÉ SIETE	15
2.1 ARCHITEKTÚRA FTTX	16
2.2 PASÍVNA OPTICKÁ SIETĚ PON	18
2.3 TOPOLOGIA PON SIETÍ	18
2.4 APON / BPON.....	19
2.5 GPON	19
2.6 EPON	19
3 TECHNOLOGIA VÝSTAVBY	21
3.1 KLASICKÝ SPÔSOB POKLÁDKY	21
3.2 HDPE TRÚBKY	21
3.3 MULTIKANÁLY	22
3.4 MIKROTRUBIČKOVÁ TECHNOLOGIA	23
4 SÚČASTI PASÍVNEJ OPTICKEJ SIETE	25
4.1 OLT	25
4.2 ONU/ONT	26
4.3 SPLITTER	27
4.4 OPTICKÉ KONEKTORY	28
4.4.1 Ferula.....	29
II PRAKTICKÁ ČASŤ	30
5 VÝSTAVBA OPTICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY	31
5.1 POUŽITÁ TECHNOLOGIA	32
5.2 VÝKOPOVÉ PRÁCE	33
5.3 PRÍPRAVA ZEMNÝCH BOXOV	34
5.4 ZAFUKOVANIE OPTICKÉHO VLÁKNA	37
5.5 ZVÁRANIE OPTICKÉHO VLÁKNA	38
6 UKONČOVANIE U ZÁKAZNÍKA	41
6.1 METÓDA A	41
6.2 METÓDA B	43
7 MERANIE A ANALÝZA OPTICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY	44

7.1	PRIAMA METÓDA.....	44
7.2	MERANIE OTDR.....	45
7.2.1	Výstupy merania OTDR.....	46
7.3	VLNOVÉ DĹŽKY.....	49
7.4	ÚTLMOVÁ BILANCIA SPLITTERA.....	49
7.5	ČISTOTA KONEKTORA.....	51
7.6	ÚTLMOVÁ BILANCIA CELKOVEJ TRASY.....	51
7.7	KONFIGURÁCIA ZARIADENÍ A ANALÝZA PORÚCH.....	53
7.7.1	ONT/ONU Huawei.....	54
7.7.2	ONT/ONU Dasan.....	55
8	CENOVÁ KALKULÁCIA PROJEKTU.....	57
	ZÁVER.....	59
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....	61
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	63
	ZOZNAM OBRÁZKOV.....	65
	ZOZNAM TABULEK.....	67
	ZOZNAM PRÍLOH.....	68

ÚVOD

V súčasnej telekomunikačnej politike rastú neustále nároky na prenosovú kapacitu a zaistenie bezproblémového pripojenia do siete Internet či využívania širokopásmových aplikácií ako hlasové služby, video, dáta za pomoci jedného vedenia. Táto úloha je jednoznačne riešiteľná za predpokladu využívania najperspektívnejšieho prenosového prostriedku, a to zavedenie optickej kabeláže. Technológia optických vlákien je takmer samozrejmosťou pri budovaní veľkých metropolitných či medzimestských sietí. Takéto postavenie na Slovenskom trhu zastávajú veľké telekomunikačné skupiny ako Telecom, Orange, UPC. Väčšina regionálnych poskytovateľov v tomto trende zaostáva. Limitujúcim faktorom pre nich bola v minulosti predovšetkým cena technológie a náklady spojené s prevádzkou, preto sa venovali skôr rádiovým spojom.

Súčasná situácia v pásmach konkrétne v 2,4 GHz a 5 GHz pásme donútila i menších regionálnych poskytovateľov plánovať a budovať optické siete. Označenie pásmom 2,4 GHz je dosť široké, no v skutočnosti využíva 14 nezávislých kanálov po 5 MHz krokoch. Podstata veci však tkvie v skutočnosti, že každý kanál obsadzuje šírku pásma 20 MHz okolo využívaného kanála. Ďalším nepríjemným faktom je, že v husto zastavanej mestskej aglomerácii s veľkým množstvom Wi-Fi sietí sa tieto zariadenia častokrát obmedzujú (rušia sa). Z toho dôvodu ani služby prenajímané poskytovateľom nie sú sto percentné. Čo sa týka limitov pomeru cena/výkon, u možnosti tejto technológie sa pohybujeme na tenkom ľade.

Cieľ poskytnúť lepšie, rýchlejšie a stabilnejšie služby, prístupné veľkému množstvu zákazníkov, by spĺňalo nasadenie technológie FTTx, ktorej úlohou je priblížiť optické vlákno čo najbližšie ku koncovému zákazníkovi. Vízia budovania optických prístupových sietí FTTx má pre poskytovateľa výhodu veľkého zníženia nákladov na údržbu, prevádzku a poskytuje skutočne kvalitnú škálu služieb Tripleplay.

Úlohou budovania takejto siete, by sa nemalo obmedziť len na vybudovanie chrbtových (backbone) sietí, ale malo by sa zamerať na vytvorenie celkovej infraštruktúry. Poskytovateľ by neoslovil len komerčné organizácie ako sú hotely, nemocnice, banky, školské zariadenia, ale i bytové a rodinné domy. Investícia do položenia a vybudovania takejto technológie je kompenzovaná dlhodobým bezproblémovým fungovaním.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 OPTICKÉ VLÁKNO

Optické vlákno je veľmi kvalitný vlnovod so schopnosťou prenášania elektromagnetického vlnenia o frekvencii až 200 THz. Optické vlákna sa vyrábajú zo skla alebo z plastových polymérov. V dátových sieťach sa najčastejšie využívajú sklenené vlákna z dôvodu väčšej šírky pásma. [1]

1.1 Druhy optických vlákien

Druhy optických vlákien vychádzajú z jednotlivých konštrukcií vlákna. Z konštrukčného hľadiska sa vlákna delia podľa priemeru na:

- MM SI – mnohovidové so skokovou zmenou indexu lomu,
- MM GI – mnohovidové s gradientnou zmenou indexu lomu,
- SM – jednovidové.

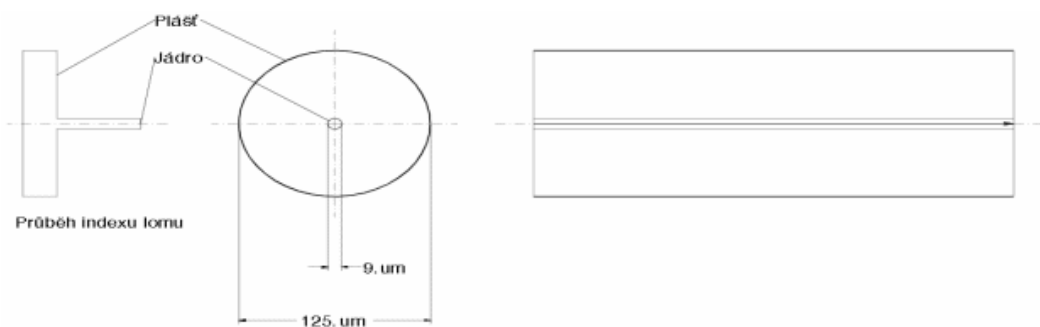
Každý z týchto typov vlákna má i odlišné vlastnosti. Týmito vlastnosťami sa rozumejú parametre ako útlm, numerická apertúra, disperzia, ktoré obmedzujú prenosové vlastnosti vlákien predovšetkým v oblasti telekomunikačných systémov.

Historicky sa zaužívali dva druhy optických vlákien a to:

- Single mode - (SM),
- Multi mode - (MM).

1.2 Single mode vlákno

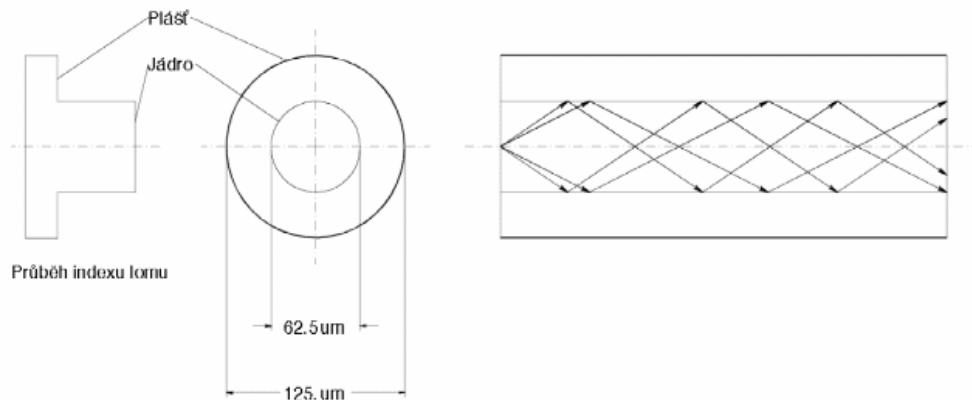
Single módové vlákno (SM) je vlákno s menším priemerom jadra označované ako (9/125 μm). Prenos informácií je založený na jednej vlnovej dĺžke (jeden vid) a jeho disperzia je minimálna z čoho vyplýva, že je dimenzované na dlhé vzdialenosti s vyššou frekvenciou signálu. Teda zvýši sa i prenosová kapacita. [1], [25]



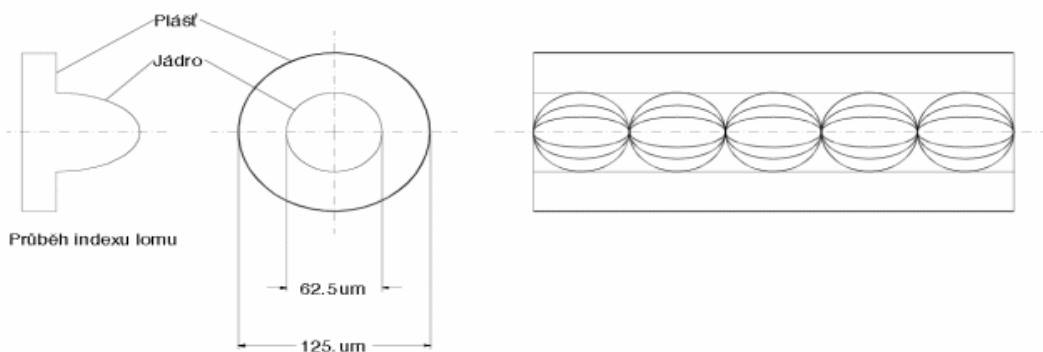
Obr. 1. Single mode vlákno – SM. [1]

1.3 Multi mode vlákno

Multi módové vlákno (MM) korešponduje s priemerom jadra 62,5/125 μm . Najčastejšie sú aplikované na menšie vzdialenosti ako v sieťach LAN. Najväčšou výhodou je jednoduchá výroba, s čím je spojená i cena. Princíp šírenia signálu spočíva vo využití viacerých módov o rozličných vlnových dĺžkach. Tento typ kabeláže je však náchylnejší na deformáciu obalu, čiže častejší vznik disperzie, čo sa odzrkadľuje na prenosovej kapacite. [1], [25]



Obr. 2. Multi mode vlákno MM-SI. [1]

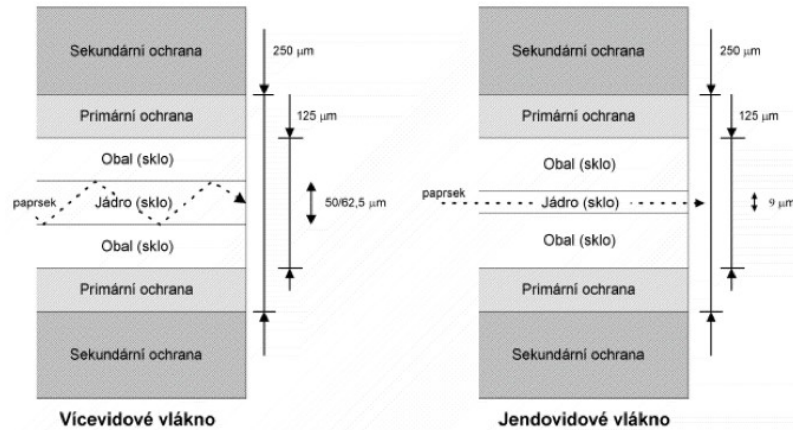


Obr. 3. Multi mode vlákno MM-GI. [1]

1.4 Konštrukcia optických vlákien

Konštrukcia optického vlákna je pre každý typ odlišná. Rozlišuje podľa typu aplikácie (inštalácia do zemi, inštalácia do vzduchu), vnútorné či vonkajšie použitie. Vo všeobecnosti však môžeme povedať, že základ konštrukcie optického vlákna je:

- jadro,
- obal – plášť,
- primárna ochrana,
- sekundárna ochrana.



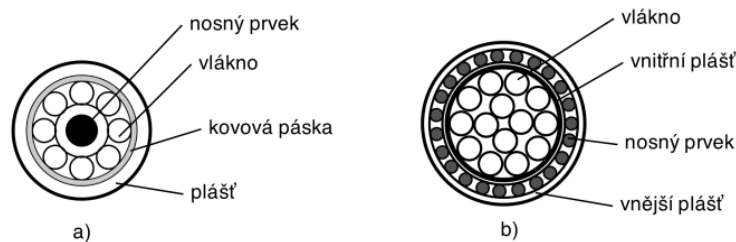
Obr. 4. Konštrukcia optických vlákien. [1]

Okrem primárnej ochrany je nutnosť ošetrenia samotného vlákna ďalšími vrstvami ochranných prostriedkov ako sú napr. gél, plastová vrstva, a iné. Ide predovšetkým o ochranu pred klimatickými podmienkami, mechanickým či chemickým vplyvom pri inštalácii a prevádzke. [1], [25]

Podľa umiestnenia nosného prvku v optickom kábli môžeme rozdeliť konštrukciu na dve hlavné a to na:

- nosný prvok umiestnený v strede kábla,
- nosný prvok tvorený skupinou kevlarových vlákien.

S takouto konštrukčnou ochranou je kábel odolnejší proti účinkom vonkajších síl pôsobiacich radiálne na kábel. [1], [25]



Obr. 5. Konštrukcia optických káblov. a) nosný prvok v ose b) nosný prvok na obvode. [1]

1.5 Vlastnosti optických vláken

Vlastnosti optického vlákna závisia od konštrukcie. Vzhľadom k tomuto faktoru na každý typ vlákna pôsobia nežiaduce účinky vlastností inak. Najdôležitejšou vlastnosťou je u optickej technológii útlm. [2]

1.5.1 Merný útlm

Výkon prenášaného signálu klesá v závislosti vzdialenosti od zdroja signálu. Jednotkou útlmu je decibel na kilometer [dB/km]. Je spôsobovaný nasledujúcimi vplyvmi:

- **Vlastná absorpcia** - na vlastných molekulách materiálu.
- **Nevlastná absorpcia** - absorpcia vzniká z nečistôt.
- **Lineárny rozptyl** - nehomogenita materiálu plášťa a jadra. Lámanie a následný rozptyl lúčov do všetkých smerov.
- **Nelineárny rozptyl** - zmena vlnovej dĺžky počas žiarenia.
- **Mikroohyby** - prevažne problém u jedno vidového vlákna. Rádovo v mm. Eliminovanie strát lepšou konštrukciou obalu vlákna.
- **Makroohyby** - nadmerné ohyby vlákna. [2]

1.5.2 Disperzia

Hlavnou príčinou skreslenia prenášaného optického signálu je disperzia. Je definovaná ako rozdiel šírky impulzu v polovici výšky na začiatku a na konci vlákna. Disperziu možno považovať za najdôležitejší parameter u optických vlákien z dôvodu určenia šírky prenášaného pásma a tým i prenosovú rýchlosť. [2]

1.5.3 PMD - Polarizačná vidová disperzia

Svetelný signál, ktorý je naviazaný single mode vláknom je šírený v dvoch navzájom kolmých polarizačných rovinách. Ide o šírenie signálu prostredníctvom dvoch polarizačných vidov. Hodnota PMD vlákna optickej trasy je vyjadrovaná jednotkou [ps]. PMD je spôsobená anizotropnými vlastnosťami optického vlákna. Pri používaní vysokých prenosových rýchlostí na trase predstavuje jeden z hlavných problémov a stáva sa limitujúcim faktorom pre prenos dát. [2]

2 OPTICKÉ PRÍSTUPOVÉ SIETE

Snaha ISP provajderov je za pomoci optického vlákna priviesť maximálne prenosové rýchlosti až ku koncovému klientovi. Keďže technológia optických vlákien bola donedávna výsadou len pre chrbticové tzv. Backbone siete, je zrejmé, že z dlhodobého pohľadu sa stávajú štandardom i pre prístupové siete. Rýchlostné maximum, ktoré možno dosiahnuť na single mode v súčasnosti je 26 Tbit/s. Uvažovanie o inom prenosovom médiu v tomto prípade nepripadá do úvahy. Pomer cena - výkon je ohromujúci rovnako ako možnosť zvyšovania prenosovej kapacity.

Optické prístupové siete sa budujú v dvoch topológiách:

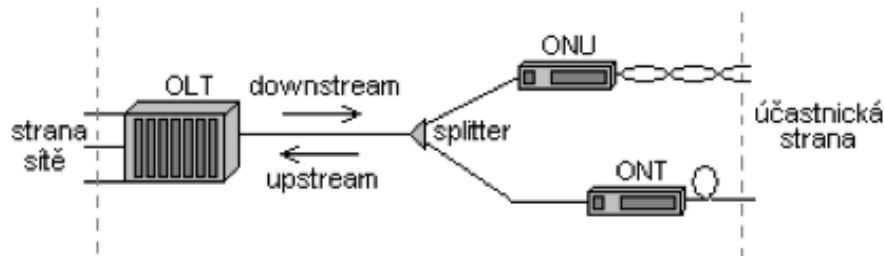
- P2P – Point to Point : jedno vlákno smerované z ústredne ku klientovi.
- P2MP – Point to Multipoint : jedno vlákno je rozbočované k viacerým klientom.

Efektivita však tkvie v zapojení P2MP. Jeden kábel z ústredne vedený do bytového domu, kde je za pomoci pasívneho splitteru (rozbočovača) rozdelený k viacerým klientom v určitom pomere 1:X . Výhodou je úspora nákladov.

Optická prístupová sieť obsahuje nasledovné funkčné prvky:

- **OLT– Optické linkové zakončenie** - zaisťujúce funkcie sieťového rozhrania medzi prístupovou sieťou a sieťami telekomunikačných služieb. Linkové jednotky OLT sú umiestnené v serverovni (ústredni). Jednotky určené pre distribúciu služieb siete GPON umožňujú distribúciu služieb ako IPTV, VoIP telefóniu, analógové telefónne linky, RF video signál. OLT jednotka je vybavená špičkovým managementom, ktorý umožňuje nastavovať viacero parametrov ako je služba QoS pre minimalizáciu porúch na telefónnej linke VoIP a IPTV, taktiež rozdelenie do VLAN sietí, nastavenie priepustnosti a pod.
- **ODN – Optická distribučná sieť** - je súbor optických prenosových zariadení medzi optickým linkovým zakončením a jednotkami optickej ukončovacej jednotky ONU. Ide o optické pasívne splitteru, optické vlákno, zemné spojky a iné.
- **ONU – Optická sieťová jednotka** - Zabezpečuje funkcie účastníckeho rozhrania medzi optickou a metalickou kabelážou.
- **ONT - Optické ukončujúce jednotky** - zabezpečujú funkcie účastníckeho rozhrania medzi koncovými zariadeniami účastníkov a prístupovou sieťou. Jednotky ONT spracujú prichádzajúci optický signál, teda rozdelia vlnové dĺžky podľa ich

charakteru na hlasovú, dátovú, video signál a nasledovne prevádzajú na elektrický signál, ktorý postúpi ďalšiemu spracovaniu a je vyvedený na príslušné rozhranie. [3], [1], [27]



Obr. 6. Optická prístupová sieť P2MP. [1]

2.1 Architektúra FTTx

Z hľadiska umiestnenia zariadení ONT a ONU v optickej prístupovej sieti a spôsobu ich zapojenia a ukončenia optického vlákna sa rozlišujú nasledovné typy optických prístupových sietí:

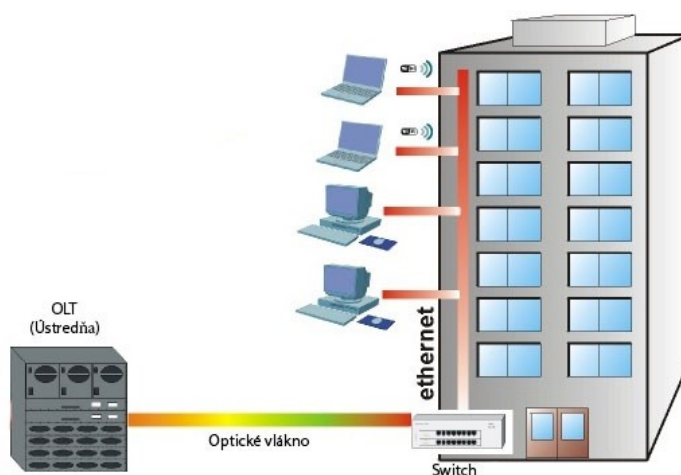
- **FTTC** (*Fiber to the Curb*) vlákno je ukončené v optickom rozvádzači, ku ktorému sú koncové body pripojené za pomoci metalického vedenia. Teda Curb - z anglického prekladu okraj chodníka, označuje miesto, kde je optické vlákno ukončené. Teda nachádza sa vo vonkajšom prostredí pri skupine domov, do ktorých z tohto kabinetu pokračuje metalická kabeláž. Vonkajšie miesto kabinetu kladie nároky na jeho odolnosť voči klimatickým podmienkam a vplyvom činnosti človeka (vandalizmus).



Obr. 7. Blokova schéma zapojenia FTTC.

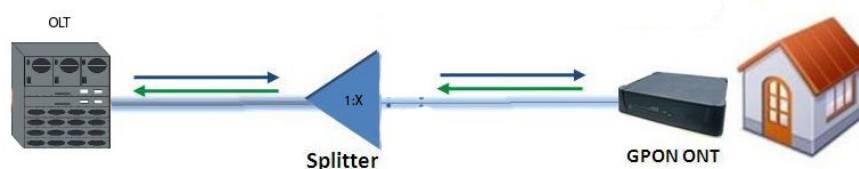
- **FTTD** (*Fibre to the Desk*) privádzajú sa optické vlákna až na „stôl“ účastníkov a sú pripojované priamo do CPE s optickým vstupom.

- **FTTO** (*Fibre To The Office*) optické vlákno je ukončené v priestoroch užívateľov s veľkými nárokmi na prenosovú kapacitu. Ide prevažne o pripojenie veľkých dátových centier, priemyselných objektov, škôl, úradov, nemocníc. Sú kladené vyššie nároky na spoľahlivosť, poprípade i zálohu siete (alternatívne trasy).
- **FTTB** (*Fiber to the Building*) optické vlákno je ukončené v budove. Každý z užívateľov je však pripojený k vnútornej počítačovej sieti (vnútorné rozvody). Vnútna infraštruktúra siete môže byť riešená buď to metalicky alebo prostredníctvom WiFi, v závislosti od špecifikácie priestorov v budove. Ukončenie je sprostredkované jednotkou ONU/ONT najčastejšie 1 Gbit/s, ktoré pokračuje ďalej do switchov alebo smerovačov.



Obr. 8. Blokovaná schéma zapojenia FTTB.

- **FTTH** (*Fibre To The Home*) optické vlákno ukončené priamo v rodinnom dome. Toto riešenie je ideálne pre satelitné mestečka. Služby sú porovnateľné s ADSL linkou, kedy je možnosť dohody s provajderom o symetrickom alebo asymetrickom pripojení. Všetko závisí od potrieb klientov. [11], [27]



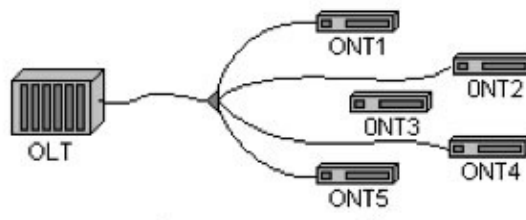
Obr. 9. Blokované schéma zapojenia FTTH.

2.2 Pasívna optická sieť PON

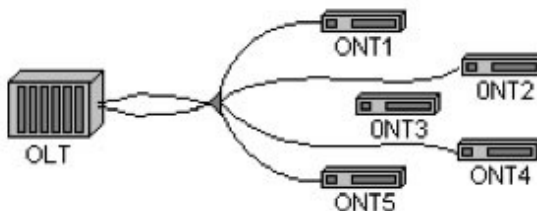
Pasívna optická sieť predstavuje infraštruktúru optickej prístupovej siete, ktorá distribuuje optický signál prostredníctvom optických pasívnych komponentov. Je teda tvorená samotným optickým vláknom, optickým konektorom a optickým pasívnym splitterom. Optické pasívne splittery umožňujú rozdelenie kapacity maximálne 128 užívateľom. Hlavnou nevýhodou optických splitterov je fakt, že dochádza len k rozbočeniu signálu do niekoľkých smerov, bez akýchkoľvek úprav ako je napr. regenerácia signálu či zosilnenie signálu, ako je to známe u aktívnych komponentov. Z tohto dôvodu existujú vzdialenostné obmedzenia. Vzdialenosť medzi OLT a ONU môže dosahovať rádovo niekoľkých desiatok kilometrov. [1], [27]

2.3 Topológia PON sietí

Infraštruktúra prístupovej siete PON (Passive optic network) je realizovaná logickou topológiou P2MP (point - to - multipoint), kedy je optický prenosový kanál zdieľaný viacerou užívateľmi. Pre zdieľanie prenosovej kapacity sú využívané splittery a to 1:N alebo 2:N. Najčastejšie sa využíva topológia stromová s rozbočovaním 1:N. V prípade 2:N je optický signál z jednotky OLT distribuovaný dvomi vláknami. Jedno vlákno prenáša dáta, druhé vlákno prenáša video signál. [1], [26], [27]



Obr. 10. Stromová topológia 1:N [1]



Obr. 11. Stromová topológia 2:N [1]

2.4 APON / BPON

Optická pasívna sieť môže byť založená na viacerých druhoch technológií. PON založená na ATM (Asynchronous Transfer Mode) označovaná ako APON, zaisťuje rôzne typy kvality služieb pre rôzne typy prevádzky a je normalizovaná odporúčaním ITU - T (International Telecommunication Standardization Sector) G.983. Ponúka dva varianty služieb a to: Symetrická služba s rýchlosťou 155 Mbit/s, Asymetrická služba s rýchlosťou 622 Mbit/s užívateľmi v opačnom smere 155 Mbit/s. Prenosové médium sa skladá z jedného alebo dvoch single mode vlákien podľa G.652. Obojsmerná komunikácia je sprostredkovaná buď vlnovým delením na jednom vlákne, alebo jednosmernou prevádzkou po dvoch vláknach. [1], [2], [4], [26], [27]

2.5 GPON

Gigabitová pasívna sieť bola normalizovaná na začiatku roku 2003 v ITU - T. Záujem o pasívnu prístupovú sieť sa odvíja od jej rozšíriteľnosti a relatívne nízkych nákladov na služby budúcej generácie ako VoD alebo Online hry. Náklady na optickú sieť a sieťové prostriedky zdieľa viacero koncových užívateľov. PON eliminuje nákladné aktívne prostriedky medzi poskytovateľom služby a zákazníkmi.

Najnovšie špecifikácie pre GPON vychádzajú z odporúčania ITU - T G.983 pre širokopásmové PON. Zachovávajú rovnakú optickú distribučnú sieť, plán vlnových dĺžok a návrh siete pre komplexné služby. Tieto odporúčania sú rozšírením základných odporúčaní zakotvených v G.983.1 v zmysle rýchlostí pri zachovaní základných princípov širokopásmového optického prístupového systému. Podporuje nominálnu rýchlosť na vedení 1,25 a 2,5 Gbit/s smerom k užívateľovi. Optická prístupová sieť môže byť realizovaná symetricky i asymetricky. Realizovateľné rýchlosti sú zhruba dvojnásobkom oproti špecifikáciám APON. [1], [2], [4], [12], [26], [27]

2.6 EPON

EPON (Ethernet Passive Optical Network) umožňuje dosahovať zdieľanú prenosovú rýchlosť v jednom smere do 1 Gbit/s. Smer prenosu oddeľuje vlnovým multiplexom, kde pre smer Upstream (smer od užívateľa) využíva vlnovú dĺžku 1310 nm a pre smer Downstream (smer k užívateľovi) 1490 nm. Schválený je štandardom IEEE 802.3ah v roku 2004.

Princíp prenosu informácií v sieťach EPON je založený na časovom multiplexe a na zdieľanom prenosovom médiu. Prístup k médiu riadi protokol MAC, ktorý sa riadi na základe triedy služieb. [1], [2], [4], [26], [27]

Tab. 1. Špecifikácie jednotlivých optických pasívnych sietí. [1]

Typ	APON	BPON	GPON		EPON
Rok schválenia	1988	2001	2000	2003	2004
Odporúčanie	ITU-T G.983.1	ITU-T G.983.3	ITU-T G.983.1	ITU-T G.984.1	IEEE 802.3ah
Protokol	ATM	ATM	ATM	ATM a GEM	Ethernet
Typ optického vlákna, počet	G.652 (1 alebo 2)	G.652 (1 alebo 2)	G.652 (1 alebo 2)	G.652 (1 alebo 2)	1000Bas e-PX:10 1000Bas e-PX20
Rozbočenie	Max. 32	Max. 32	Max. 32	Max. 64	Max. 32
Max. vzdialenosť [km]	20	20	20	60	1000Bas e-PX:10 1000Bas e-PX20
Prenosová rýchlosť [Mbit/s]	Symetrická 155/622 Asymetrická Downstream 622 Upstream 155	Symetrická 155/622 Asymetrická Downstream 622 Upstream 155	Symetrická 155/622 Asymetrická Downstream 622/1244 Upstream 155/622	Symetrická 1244/2488 Asymetrická Downstream 1244/2488 Upstream 155/622/1244	Symetrická 1244

3 TECHNOLOGIA VÝSTAVBY

Výstavba optickej infraštruktúry je veľmi zložitým procesom. Dôraz je kladený predovšetkým na technológiu, ktorá je pre každú aplikáciu iná. Zjednodušene povedané, terén výstavby v prázdnom satelitnom mestečku sa markantne líši od terénu v hustej výstavbe hlavného či väčšieho mesta.

3.1 Klasický spôsob pokládky

Klasický spôsob inštalácie kabeláže do zemi je jeden z najjednoduchších variantov. Spočíva v tom, že sa vytýči trasa, definuje sa hĺbka výkopu (štandardne 0,5 až 1 m) a následne sa kabeláž položí do zeme. Na záver sa označí oranžovou fóliou s nápisom „pozor optický kábel“. Pri zakopávaní sa postupuje tak, že prvé vrstvy obsahujú piesok a jemnú zeminu, aby sa kábel nepoškodil o ostré hrany štrku a na záver sa zahŕňa zeminou. Tento variant nie je vcelku najbezpečnejší, preto sa postupom času prešlo na výhodnejšie a bezpečnejšie technologické metódy.

3.2 HDPE trúbky

Najčastejšie používané trúbky vyrobené z tvrdého a odolného polyetylénu. Ukladajú sa do výkopu v hĺbke od 0,5 do 1,5 m. Tieto trúbky sa spájajú a vzniká tak trasa určená pre zafukovanie optického kábla. Najčastejšie priemery HDPE trúbiek sú 25, 32, 40, 50 mm. Vyrábajú sa v mnoho farebných variantoch. Tieto trúbky je možné z výroby taktiež označovať na žiadosť zákazníka, vzhľadom na jednoznačnú identifikáciu trasy.

Farebné rozlíšenie trubiek

- oranžová - hlavná prevádzková (vždy vľavo),
- čierna - rezervná (pre ďalšie využitie),
- hnedá - (prevádzková),
- šedá - (prevádzková).

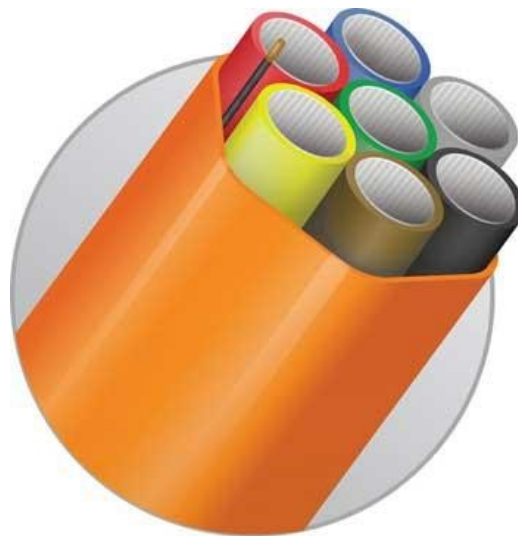
Vnútro, teda na stenách trúbky je vrstva lubrikantného gélu z dôvodu zníženia trecích síl pri zafukovaní. Po inštalácii je nutné urobiť kontrolu tesnosti, aby bol systém trubiek bez nečistôt, ktoré by mohli prekážať prípadnému zafukovaniu v budúcnosti. [5]



Obr. 12. HDPE trubka s priemerom 40 mm. [15]

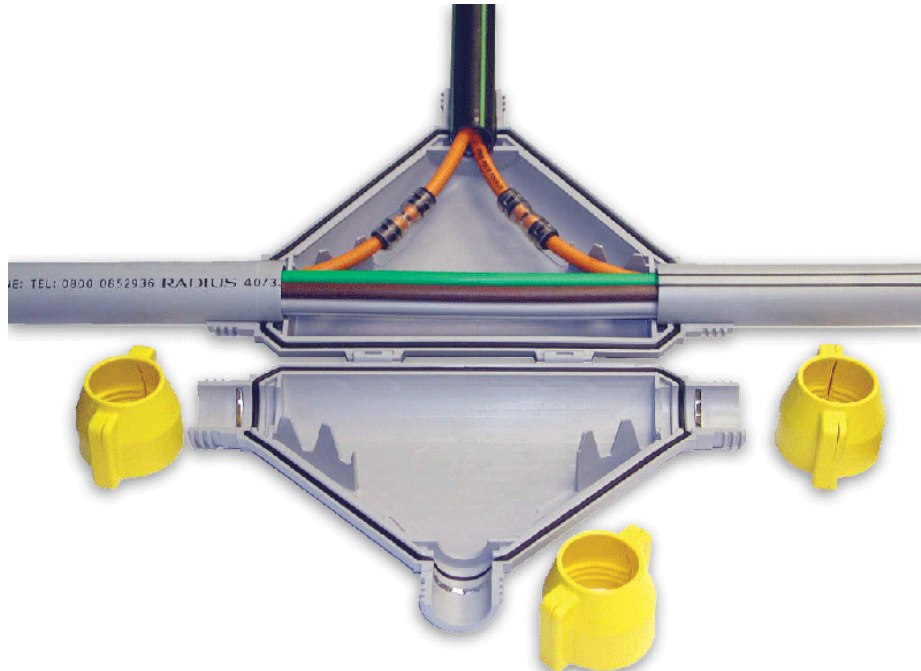
3.3 Multikanály

Multikanál je viackomorová plastová ochrana poskytujúca nenáročnú identifikáciu káblov a chráničov, ktoré sú v nej uložené. Multikanály sa vkladajú do výkopu o hĺbke jeden meter. Najčastejšie prevedenie je s 4, 6, 9 až 32 otvormi. Umožňujú suchú inštaláciu, kabeláž je fixovaná a teda chránená pred ohybmi.



Obr. 13. Multikanál. [16]

Odbočenie, alebo vetvenie trasy sa rieši odstránením ochrannej fólie v miestach, kde je potreba odbočovania. Zvolí sa trubička, ktorá sa ustrihne do roviny a následne sa spojuje. Konečné riešenie sa nakoniec uzatvára do ochrany tzv. Matrixa. [1], [3], [5]



Obr. 14. Matrix. [17]

3.4 Mikrotrubičková technológia

Mikrotrubičkovanie predstavuje jednu z moderných technológií používaných v telekomunikačných sieťach, predovšetkým pre výstavbu optických prístupových sietí a metropolitných MAN sietí. Rieši problém, ktorý vzniká pri budovaní redundantných trás. Výrazne redukuje náklady pri výstavbe. V súčasnej dobe začína byť problém s nedostačujúcou kapacitou v HDPE trúbkach a to hlavne pri výstavbe otvorených optických sietí.

Za pomoci tohto systému je možnosť vybudovania množstva na sebe nezávislých trás až ku koncovému zákazníkovi. Do takejto trasy na nasledovne zafukujú káble podľa potrieb užívateľa, čo prináša obrovskú úsporu finančných prostriedkov. Systém mikrotrubičkovania spočíva v tom, že sa do HDPE trúbky zafúkne zväzok mikrotrubičiek, do ktorých sa zafukujú káble o priemere do 7 mm. V jednej HDPE trúbke je možné vybudovať až 10 na sebe nezávislých trás. Výhodou je, že tento systém umožňuje na jednej trase odbočiť k zákazníkovi a zároveň pokračovať v chrbticovej (backbone) trase.

Pri spojovaní, odbočení a ukončovaní mikrotrubičiek sa používajú spojky a záslepky. Ďalej je možno využiť redukcie. Redukcia sa využíva pri odbočovaní ku koncovému zákazníkovi. Existuje mnoho typov priemerov najčastejšie napr. 12/10 mm, 10/8 mm, 7/5 mm a menšie rozmery. [1], [2]



Obr. 15. Spojovací materiál pre systém mikrotrubičiek. [1]

4 SÚČASTI PASÍVNEJ OPTICKEJ SIETE

Súčasťami pasívnej optickej siete sú OLT ústredňa, ONT/ONU koncové zariadenia, ktoré tvoria úlohu vysielачa a prijímača optického signálu. Tvoria zložku aktívnych prvkov. Hlavná podstata pasívnej siete je tvorená opticko - pasívnym splitterami, ktoré tvoria popri kabeláži celú infraštruktúru.

4.1 OLT

Jednotka linkového zakončenia zaisťuje funkciu sieťového rozhrania medzi prístupovou sieťou a sieťou produkujúcou telekomunikačné služby. Jednotka OLT býva umiestnená v hlavných ústredniach v rackovom prevedení. Sú určené k distribúcii služieb v prístupových sieťach ako EPON, GPON a iné. Distribuujú služby typu IPTV, RF video signál, Internet, VoIP a iné. Jednotka OLT je vybavená vysoko profesionálnym managementom, ktorý umožňuje bezproblémovú prevádzku, nastavenie množstva parametrov ako je služba QoS, správa VLAN, nastavenie priepustnosti. Na trhu sa vyskytuje mnoho produktov, no medzi najznámejšie značky tohto produktu patrí predovšetkým Huawei, Reisecom, Dasan, CISCO. [6], [26], [27]



Obr. 16. OLT Huawei model MA5600T. [13]

OLT predstavuje hlavný zdroj signálu pre pripojenie splitterov, ktoré sú nasledovne naviazané na ONT/ONU.

Charakteristika zariadenia:

- veľkosť 10U,
- 2 sloty pre riadiace karty,

- 16 slotov pre linkové karty (4000 užívateľov),
- 2 sloty pre dedikované uplink karty,
- kapacita zbernice 3,2 Tbit/s,
- priepustnosť na slot 20 až 40 Gbit/s,
- podpora HQoS. [6]

4.2 ONU/ONT

Jednotky sieťového zakončenia zaisťujú funkciu účastníckeho rozhrania medzi koncovým užívateľom a prístupovou sieťou. Spracúvajú optický signál, na základe ktorého separujú signál podľa vlnových dĺžok, ktoré sú nositeľom príslušných signálov. Základom ONT jednotky je v závislosti na množstve vlnových dĺžok duplexor a triplexor. Ide o optoelektronické zariadenia, ktoré z optického vlákna vydeľujú jednotlivé dĺžky optického signálu. Sú konštruované zo súčiastok ako laserová dióda, fotodetektor, optické šošovky, optické filtre, ale môžu byť vyrobené i ako čip. Výstupným rozhraním jednotky ONT môže byť množstvo alebo len jeden výstup RJ45 v prevedení 100 Mb/s alebo 1 Gb/s, pre pripojenie do domácej siete. Pre potrebu telefónnej linky konektor RJ11. Aby neprichádzalo k narušeniu alebo odpočúvaniu linky je zabezpečené šifrovanie. [1], [26]



Obr. 17. Huawei ONT model HG824H. [18]

Charakteristika zariadenia:

- trieda B+,
- senzitivita max. útlmu: 27 dBm,
- vlnové dĺžky: Upstream 1310 nm, Downstream 1490 nm,
- VLAN,
- CATV rozsah: 54-870 MHz,
- WiFi,
- USB,
- 2x MIMO antény s 2 dBi výkonom. [7]

4.3 Splitter

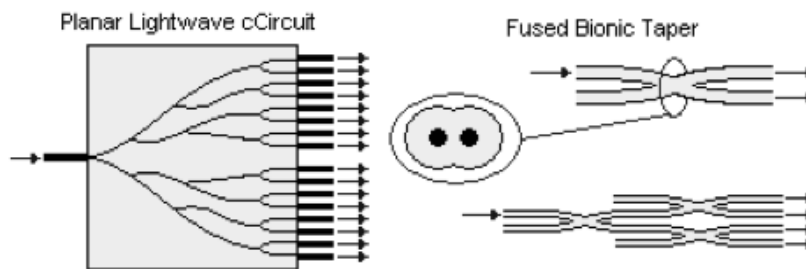
Optický splitter (rozbočovač) je zariadenie umožňujúce zdieľanie optického prenosového média väčšiemu počtu koncových účastníkov. Je to optická pasívna súčiastka, ktorá plní funkciu zlučovania alebo rozbočovania signálu bez iných úprav. V systémoch FTTH ide najčastejšie o obojsmerné pasívne prvky disponujúce jedným alebo dvoma vstupmi a N výstupmi napríklad 2:64. Podstatným problémom, ktorý je treba riešiť je vložený útlm, ktorý narastá počtom k výstupu. Splittery je možné zapájať za seba, čo závisí od zvolenej topológie. Musí sa však dodržiavať štandard ITU-T, ktorý upravuje maximálne hodnoty útlmu na optickej trase.

Podľa technológie výroby sa rozdeľujú splittery do dvoch skupín :

- **PLC** (Planar Lightwave Circuit),
- **FBT** (Fused Bionic Taper).

PLC splittery sú vyrábané povrchovou technológiou. PLC technológia je používaná predovšetkým pre výrobu splitterov s veľkým množstvom výstupných portov.

FBT sú vyrábané spojovaním optických vlákien pri vysokej teplote a tlaku, kedy sa plášte vlákien natavia a jadro spojovacích vlákien sa tak dostanú blízko seba. Táto technológia sa používa pri 2 až 4 výstupných vláknach, ktoré sa pre dosiahnutie vyššieho množstva výstupných portov radia kaskádovo za seba. Táto technológia je využívaná pri aplikácii s menším počtom výstupných portov. [1], [27]



Obr. 18. Schéma PLC a FBT splittera. [1]

4.4 Optické konektory

- SC - používa sa ako pre multi mode tak i pre single mode vlákna. V priebehu niekoľkých desiatok rokov je to u nás najpoužívanejší typ konektora. Prakticky všetky zariadenia ho podporujú. Po príchode Gbitových prvkov s SFP modulmi - mini GBIC sa stal potlačovaný LC konektorom. [8], [25]



Obr. 19: Konektor typu SC. [8]

- LC - vyvinutý spoločnosťou AT&T ako variant pre SFP konektor. Je jedným z najpoužívanejších optických konektorov vďaka podpore spoločnosti CISCO. Jeho veľkosť je polovičná oproti SC konektoru. Používa ferulu o priemere 1,25 mm. [8], [25]

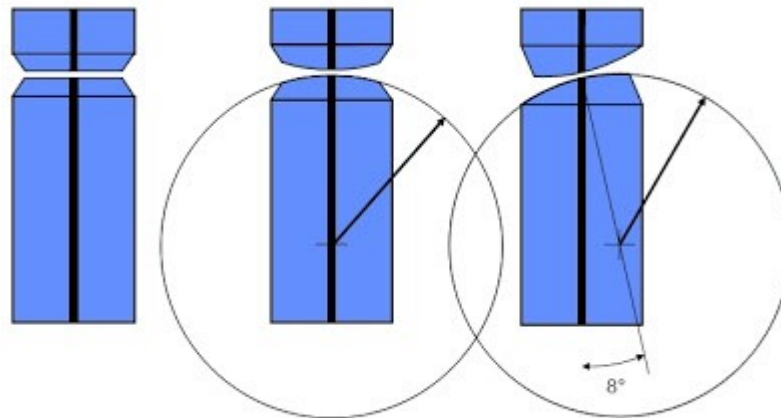


Obr. 20. Konektor typu LC. [8]

4.4.1 Ferula

Ferula je malý valec o priemere 2,5 mm, alebo 1,25 mm. Ide o najpresnejšiu časť konektora. Na jej rozmeroch závisia parametre. V strede tohto valca je diera pre vlákno a vlákno je v nej pevne zafixované epoxidovým lepidlom a následne je zbrúsené. Ferula je zbrúsená tak, aby sa dve vlákna buď dotýkali, alebo nedotýkali. V súčasných aplikáciách sa skôr dotýkajú.

Existujú tri typy zbrusovania NPC, PC a APC. Vlákno je teda na konci zalomené a zbrúsené do jedného z týchto typov. Buď rovno NPC (Non Physical Contact), alebo sféricky rovno PC (Physical Contact), alebo uhlovo sféricky APC (Angled Physical Contact). Na konci vlákna je rozhranie dvoch rôznych prostredí, kde dochádza k odrazu a lomom. Spätné odrazy sú nežiaduce. Najvyšší útlm pre odrazené signály má vďaka uhlu zbrúsenia typ ferule APC. Typ APC je možné mať len u single mode vlákna. Pri nesprávnej aplikácii ako je spojenie PC a APC konektora dochádza k poškodeniu ferule čím sa zvýši útlm, alebo signál vôbec neprepustí. [8], [9]



Obr. 21. Typy brúsenia ferule: NPC, PC APC. [9]

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

5 VÝSTAVBA OPTICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY

Návrh optickej siete tohto projektu predstavuje pripojenie budov na sídlisku Sotínska ulica v meste Skalica. Ide o územie so zástavbou bytových domov. Zaistenie pripojenia bude sprostredkované pasívnou optickou sieťou s využitím FTTH prípojky. Lokalita sa nachádza na okraji mesta Skalica. Na sídlisku je vybudovaných 36 vchodov. Cieľom výstavby je optimálne a s minimálnymi nákladmi navrhnuť sieť, ktorá pokryje všetky budovy.



Obr. 22. Mapa sídliska Sotínska ulica.

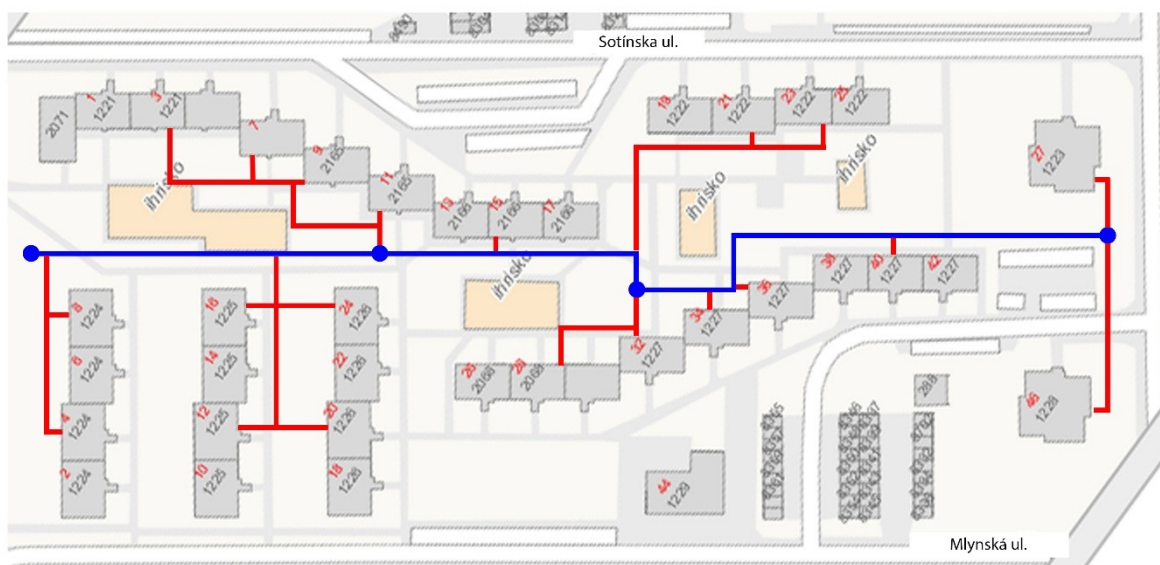
Rozloha areálu sídliska je približne 402 árov. Potenciál zákazníkov je cca 470 rodín. Sídlisko som rozdelil do segmentov z dôvodu jednoduchšej kalkulácie a jednoduchšej predstavy prepojenia kabeláže jednotlivých segmentov do zemných boxov.



Obr. 23. Rozdelenie sídliska na segmenty.

5.1 Použitá technológia

Na výstavbu optickej siete, ktorá je realizovaná do výkopu sa zvolila metóda mikrotrubičiek. V areáli sa vybudovali štyri zemné boxy, z ktorých sú vedené mikrotrubičky do každého z vchodov príslušného bytového domu v príslúchajúcom segmente. Tieto zemné boxy sú prepojené hlavnou optickou trasou. Za hlavnú optickú trasu je považovaný vonkajší optický kábel s kapacitou 72 vlákien. Ku každému vchodu vedie optický vonkajší kábel o kapacite 12 vlákien.



Legenda:

- Zemný box
- Hlavná opt. trasa (72 vl.)
- Odbočovacia opt. trasa (12 vl.)

Obr. 24. Trasovanie optickej kabeláže.

Pre minimalizáciu nákladov sa zvolila stratégia, že do každého domu je privedené optické vlákno, no v prípadoch, kedy je niekoľko vchodov prepojených suterénnym priestorom, bolo navrhnuté, že optická kabeláž bude privedená len do jedného z vchodov a do ostatných sa privedie vnútorným riešením tzv. Raise káblom. Toto riešenie šetrí nielen množstvo distribučných skriní na sídlisku, ale i náklady na výkop v zemi.

Zo štandardov APON, EPON a GPON sa zvolil variant GPON, ktorý je pre naše potreby využiteľnejší z dôvodu vyššej prenosovej kapacity a to hlavne pri implementácii Tripleplay, no hlavne i pre svoj vyšší rozbočovací pomer, ktorým dokážeme obslúžiť viac koncových užívateľov.

5.2 Výkopové práce

Výkop je realizovaný za pomoci ťažkej techniky ako bager s lyžicou a pod. Hĺbka výkopu sa odvíja od projektu, štandardne je to od 1 až do 1,5 m. Po výkopoch sa jama vyčistí od nečistôt, ktoré by mohli prekážať pri pokládke. Je snaha, aby vykovaný priestor bol v rovine. Následne sa pokladajú ochranné trubice.



Obr. 25. Výkop na sídlisku s pokládkou.

Multirúry a mikrotrubičky bývajú do výkopov privádzané na statických držiakoch vo forme náviny na cievke, ktoré sa postupne obtáčajú a vymotávajú do výkopu. Trubice sú farebne odlišované. Ako hlavná trasa bolo použité žlté značenie trubice. Ostatné odbočenie z hlavnej trasy je značené ako modrá trubica.



Obr. 26. Mikrotrubičky použité vo výkope.

5.3 Příprava zemných boxov

Predtým ako sa inštaluje zemný box, je potrebné vykopať dostatočnú hĺbku pre box, zaistiť jeho rovinu z dôvodu zatekania vody dovnútra boxu i pre lepšiu manipuláciu technika s kabelážou umiestenej vo vnútri. Do zemného boxu sa taktiež vyvrtávajú po stranách diery, aby bolo možné mikrotrubičku pretiahnuť do vnútra boxu, no i z dôvodu, keby do boxu vnikla voda pri intenzívnych dažďoch, aby bola odčerpávaná do pôdy.



Obr. 27. Inštalácia zemného boxu.



Obr. 28. Inštalácia trubičiek do boxu.

Pri podkopávaní prekážok ako sú chodníky alebo cesty, nie je možné takúto komunikáciu rozkopať, ale je potreba takúto komunikáciu podkopať. Slúži na to špeciálne pneumatické kladivo, ktoré pretlačí zeminu a následne sa podkopaný priestor vystužuje HDPE trúbkami, do ktorých sa vsunú mikrotrubičky. HDPE trúbka v tomto prípade tvorí primárnu ochranu.



Obr. 29. HDPE ako ochrana mikrotrubičiek.

Na záver tejto etapy, keď máme trubice i boxy v zemi sa postupne výkop zakopáva po správnosti jemnou piesčitou hlinou bez veľkých kusov kameňa, aby sa predchádzalo poškodeniu primárnych ochrán. Po zhruba 20 cm vrstve jemnej hliny sa celý výkop označuje fóliou, keby v budúcnosti niekto kopal výkop, ktorý by bol v blízkosti, aby neprišlo k poškodeniu, alebo prerušeniu trasy.

Pri strategických spojoch v zemi, alebo pre označenie významného miesta sa používa označovací prostriedok tzv. Marker, ktorý je vložený do zeme a taktiež zakopaný. V budúcnosti pri nasledovnom vyhľadávaní tohto miesta, toto zariadenie vykazuje magnetické pole a za pomoci detektora kovu je detekovateľné.



Obr. 30. Telekomunikačná páska a Markery. [19]

Po vyznačení a zabezpečení všetkých bodov sa výkop zakopáva a zem sa vracia do pôvodného stavu aký bol pred vykopávkou. Na záver sa zem utláča a vysádza sa trávnatý porast.



Obr. 31. Zakopávanie výkopu.

5.4 Zafukovanie optického vlákna

Parametre, ktoré rozhodujú o dĺžke trasy zafukovania optickej kabeláže sú predovšetkým koeficient trenia kábla v trúbke, vnútorný priemer trúbky, priemer kábla, lubrikácia, hlavne prevádzkový tlak kompresoru. Pre zafukovanie je potreba používať kompresory s dostatočnou kapacitou vzduchu.

Princíp:

Zafukovací piest sa pripojí na začiatok kábla a vsunie sa do trubičky. Následne sa trubičky utesnia tlakovou napájacou hadicou vybavenou tesniacimi krúžkami. Začneme vpúšťať tlak, ktorý postupne zvyšujeme na hodnoty cca 3-5 kPa v závislosti na požadovanej rýchlosti. Optimálna rýchlosť zafukovania je cca 60 m za minútu. V závislosti od zariadenia môžeme dosahovať až 2 km vzdialenosti zafukovania.

V našom prípade ide o zariadenie bez piestu ktoré, výkonovo dosahuje maximálne 500 m vzdialenosti. Všetko sa však odvíja od terénu, rádiusov a priemeru kabeláže. Pre našu aplikáciu to však vystačuje. Dôležité je používať mazanie, napríklad lubrikantný gél alebo parafínový olej, ktorý sa rozpráši v trúbke vďaka prúdu vzduchu a kábel nepotrebuje ďalšie iné mazanie.



Obr. 32. Zafukovanie optického kábla.

Postup:

Do výstupnej redukcie zafukovačky sa pripoja redukcie podľa rozmeru trúbky. Následne sa nasadí zakopaná trúbka. Do vstupu (podávača) sa vloží a zaistí optické vlákno. Do zakopanej trúbky sa postupne vpúšťa vzduch z kompresora. Zafukovačka je pripojená na regulovateľný DC zdroj s displayom. Napätie na zdroji sa pohybuje v rozpätí hodnôt od 0 V po 24 V. Rýchlosť zafukovania je závislá od prúdu, ktorý poháňa motor zafukovačky.



Obr. 33. Detail podávača zafukovacieho zariadenia.

5.5 Zváranie optického vlákna

Zváranie optických vlákien je najzložitejším procesom finalizácie výstavby infraštruktúry. Je potreba dodržiavať prísne zásady pre docielenie čistých zvarov s minimálnym útlmom. Od zvarov závisí kvalita dátových služieb a vlastne spoľahlivosť celého procesu.

Proces:

Pred začatím zvárania je potrebné optické vlákno zbaviť všetkých ochrán, očistiť ho až po samotné sklenené vlákno. Využívajú sa na to špeciálne sťahovacie kliešte. Po stiahnutí plastovej ochrany sa vlákno dôkladne očistí isopropylalkoholom. Takéto očistené vlákno sa potom zarezáva do roviny z dôvodu dosiahnutia čistého spoja v rovine.

Takto pripravené vlákno vložíme do holdra (nastavca) optickej zväračky. Existuje viacero rozmerov holdra, závisí to od hrúbky kabeláže. Najčastejšie sa používajú 250 a 900 μm . Hodnota 250 μm je pre samostatné vlákno v kabeláži a hodnota 900 μm je typické pre optický pigtail.



Obr. 34. Holder 900 μm . [20]

Po vložení holdrov do zväracieho automatu sa vlákna automaticky usporiadajú do jednej osi a zvärajú sa elektrickým oblúkom, pričom vzniká homogénny spoj. Oblúk horí presne určený čas nato, aby vlákna dostatočne zmäkli a zliali sa do seba. Výsledkom je hodnota predpokladaného útlmu zvaru, ktorý sa zobrazí na display zariadenia.



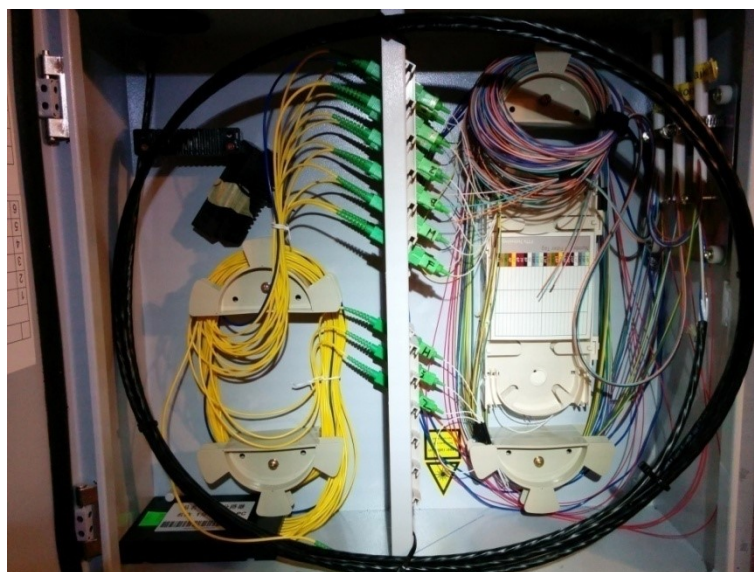
Obr. 35. Výsledok zväracieho procesu.

Po ukončení zvaracieho procesu nasleduje záťažový test v ťahu. Po splnení testu sa vlákno vyberie zo zariadenia a následne putuje do pecky, kde dostáva ochranu spoja. Ide o plastovú trubičku, ktorá sa v pecke roztaví a chráni zvar proti mechanickému poškodeniu. Zvary sa ukladajú do zemných spojok, alebo do optickej vane v distribučnom boxe.



Obr. 36. Ukážka zvaracieho automatu Fujikura S60 a zemnej spojky so zvarmi.

Takým istým procesom sa zvárajú optické konektory v optických distribučných boxoch, ktoré rozvádzajú optické vlákno do bytových priestorov.



Obr. 37. Ukážka distribučného boxu v bytových priestoroch.

6 UKONČOVANIE U ZÁKAZNÍKA

Ukončenie optickej kabeľáže u koncového klienta je možné uskutočniť viacerými metódami. Prevažne v bytových domoch sa používajú dve metódy. Metóda A, kedy je kabeľáž inštalovaná v priestoroch ako suterén, spoločenská miestnosť bytových priestorov, stúpačky. Metóda B, zvyčajne využívaná pri novostavbách, kedy sa s výstavbou internej infraštruktúry kalkuluje dopredu. Každá bytová jednotka vlastní svoju zásuvku so zakončeným optickým prívodom.

6.1 Metóda A

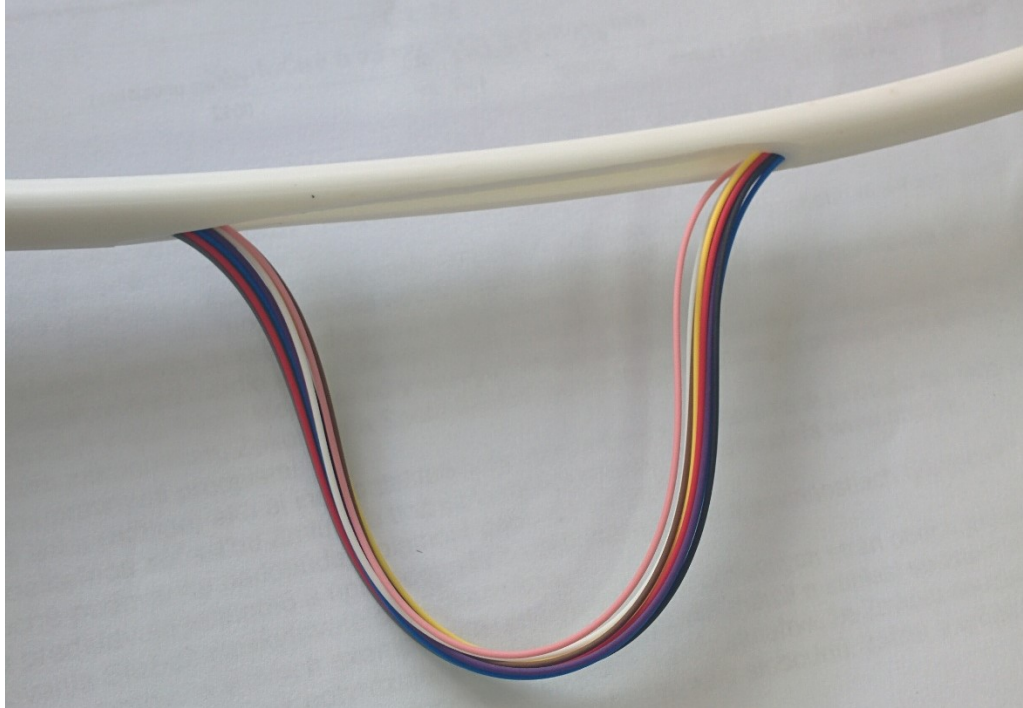
Prívod optického kábla je privedený do suterénnych miestností, kde je ukončený v distribučnom boxe konektorom. Konektor je pripojený k optickému splitteru, ktorý je v ľavom hornom rohu. Z optického splitteru je rozbočovaný ďalej.



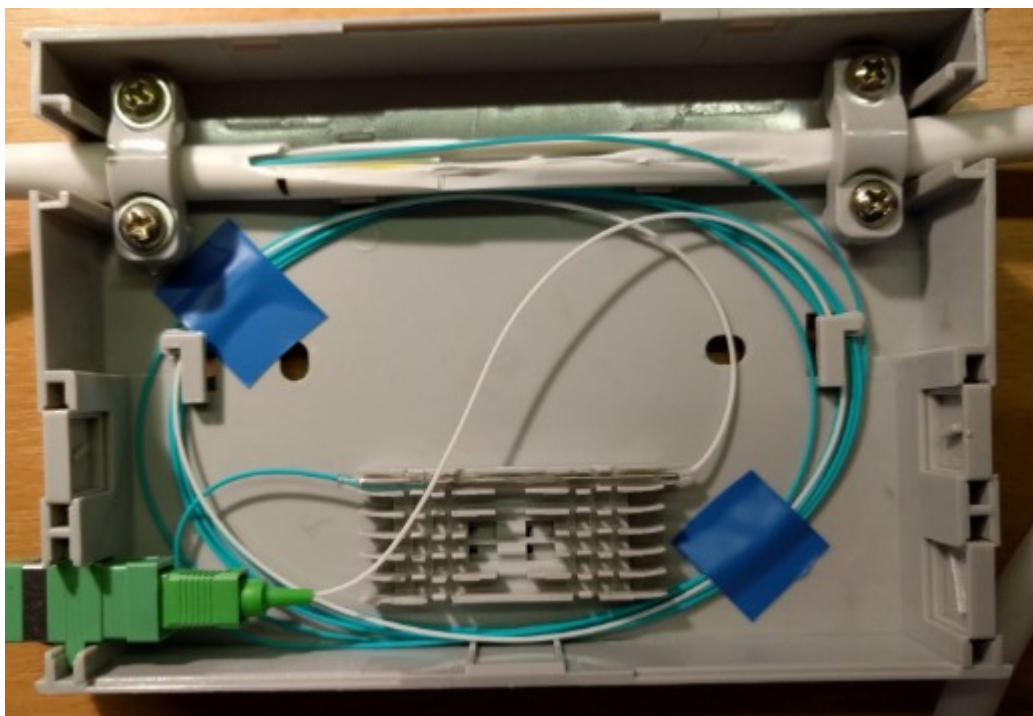
Obr. 38. Distribučný box v suteréne.

K rozvodu do bytových priestorov je využitý vnútorný Raiser kábel, ktorého výhoda je, že v jednom obale obsahuje množstvo optických žíl. Tento kábel je tiahnutý v stúpačke celého bytového domu. Teda z prízemia až po posledné najvyššie poschodie, kde nie je ukončované, len zvinuté do rezervy. Na každom poschodí sa plášť Raiser kábla z polovice nareže, čím sa vytvorí priestor pre vytiahnutie potrebných žíl na každom poschodí. Takáto aplikácia sa nasledovne zafixuje do menšej distribučnej krabičky. Ak sa klient rozhodne pre

pripojenie do siete, zvolí sa špeciálny typ kabeláže upravenej tak, aby odolávala poškodeniu. Ide o polymerizovaný typ optického pigtailu s SC konektorom o veľkosti 25 metrov, ktorý je nasledovne zváraný do menšieho boxu.



Obr. 39. Reiser kábel a jeho rez pri aplikácii do menšieho boxu na poschodí.



Obr. 40. Box na každom poschodí.

6.2 Metóda B

Pri výstavbe, alebo plánovaní výstavby bytových domov sa v súčasnosti plánujú priviesť do bytovej jednotky všetky druhy pripojení, od elektrického pripojenia, terestriálneho pripojenia až po prívod kabeláže pre dátové siete. Samozrejmosťou je, že všetky prípojky nie sú viditeľné a teda majiteľ má vo svojom byte len krabičky pripevnené na stenu v obývacej miestnosti. Takúto inštaláciu je možno považovať za najkomfortnejšiu. Zvyčajne býva zvykom mať v byte viacero prípojok a majiteľ tak nie je viazaný len na jedného dodávateľa služby.



Obr. 41. Ukončovacia krabička v bytových priestoroch. [21]

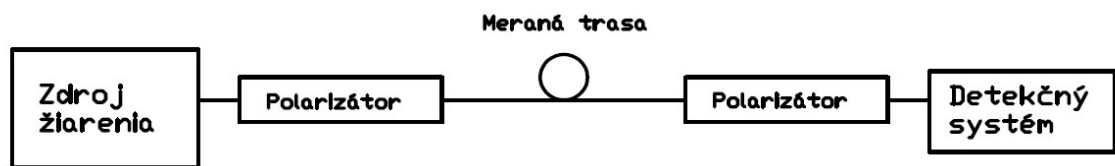
V stene je zamurovaná ochranná trubica, v ktorej vedie prívodné vlákno do takejto krabičky. Pri aktivácii dátovej linky, nie je potrebné nič inštalovať, pretože v tomto boxe je umiestnený zvar a vyvedený konektor, kde technik zapojí patch cord a prepojí ho so svojim zariadením. Takáto aplikácia je doslova považovaná za plug and play.

7 MERANIE A ANALÝZA OPTICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY

Na meranie optického vlákna som zvolil dve metódy. Prvou metódou je meranie tlmenia optického vlákna priamou metódou vložených strát. Druhou metódou je meranie charakteristík optických trás pomocou OTDR (meranie optickým reflektometrom).

7.1 Priama metóda

Na meranie optickej trasy sú potrebné dve zariadenia a to zdroj svetelného žiarenia a merač výkonu. Zariadenia sú vybavené dvomi konektormi. Konektor č. 1 pre single mode vlákno s koncovkou SC. Konektor č. 2 pre multi mode vlákno s koncovkou SC. Zdroj optického žiarenia vysiela signál s možnosťou výberu vlnovej dĺžky o (850, 1300, 1310, 1550 nm). Na začiatku trasy sa svieti zdrojom žiarenia o určitej vlnovej dĺžke, ktorá je nastavená i u merača výkonu na konci trasy. Priechodom cez optické vlákno prichádza k utlmeniu intenzity žiarenia a tento rozdiel sa nazýva „vložený útlm“. Vložený útlm meriame v jednotkách dB.



Obr. 42. Schéma zapojenia pri meraní.

Pri tejto meracej metóde sa najprv zmerajú referenčné vlákna a následne vložený meraný kábel, výsledná hodnota (strata), je súčet strát dvoch konektorov a samotného vlákna.

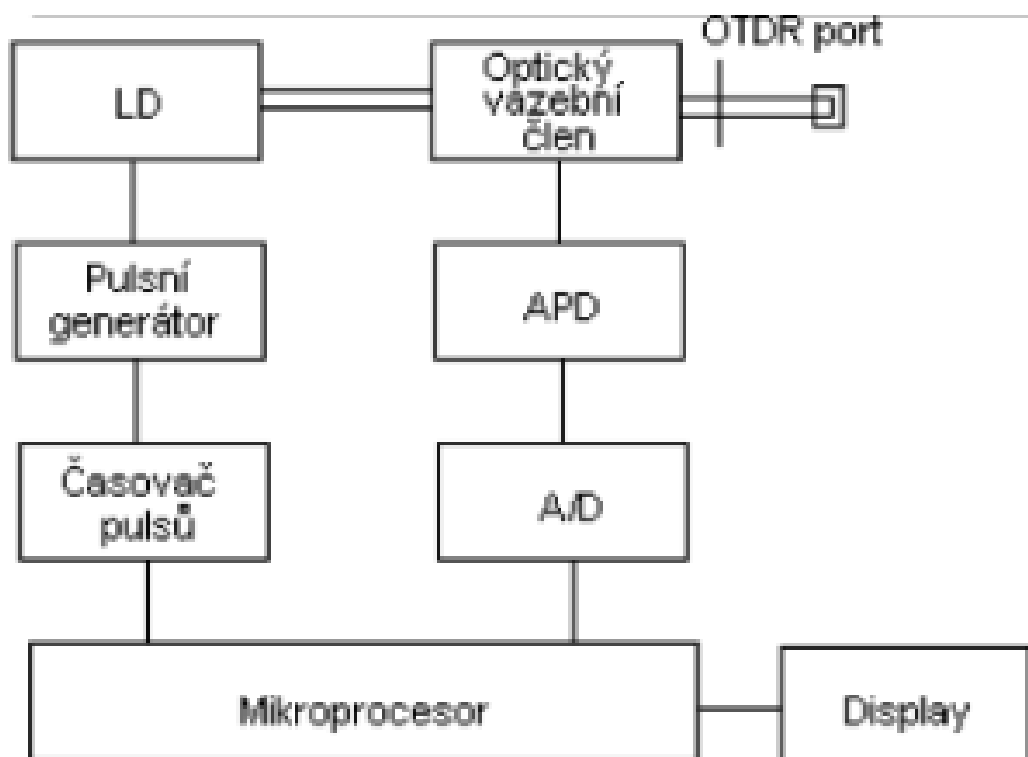


Obr. 43. Zdroj žiarenia, merač výkonu. [22]

7.2 Meranie OTDR

Metóda spätného rozptylu využíva Rayleighova rozptylu v optických vláknach. Rayleighov spätný rozptyl sa skladá z rozptylov spôsobených vzájomným pôsobením rozptylov na mikroskopických neregularitách pozdĺž celého vlákna. Pri meraní sa časť rozptýleného signálu vráti späť do zariadenia, kde sa vyhodnocujú výsledky. Spätne rozptýlený signál indikuje úroveň útlmu vlákna. Klesajúca úroveň signálu je dokladovaná klesajúcou úrovňou rozptýleného svetla, pretože ako poslaný, tak rozptýlený lúč sú tlmené so vzdialenosťou. Úroveň Rayleighova spätného rozptylu je úmerná šírke pulzu a vlnovej dĺžke (čím je šírka a výška pulzu väčšia, tým je väčší aj spätný rozptyl signálu). Ako už bolo spomenuté, úroveň Rayleighova spätného rozptylu je závislá na vlnovej dĺžke signálu, ktorý je posielaný. Tým sa myslí, že úroveň Rayleighova spätného rozptylu trasy bude vyššia pre vlnovú dĺžku 1 310 nm než na vlnovej dĺžke 1 550 nm. [1], [23]

Základné komponenty OTDR zariadenia sú zdroj svetla, pulzný generátor, väzobný člen, A/D prevodník a riadiaca jednotka.



Obr. 44. Blokové schéma OTDR prístroja. [23]

Pri meraní optickej kabeláže, sa pripája prehradné vlákno. Slúži na elimináciu vstupného útlmu. Prehradné vlákno navýši trasu o 500 m. V nastavení zariadenia je možné nastaviť, aby meranie zobrazovalo len hodnoty meranej trasy, to znamená, že hodnotu 500 m, ktorá je automaticky pripočítaná k dĺžke trasy, zariadenie nepočíta do výsledného merania.

Meranie bolo uskutočnené na zariadení OTDR JDSU MTS 4000. Výhodou zariadenia je presné nadefinovanie o aké vlákno ide, možnosť nastavenia si prísnejších hodnôt útlmu ku každému komponentu na trase. Možnosti alarmových upozornení a kompletnému vyhodnoteniu trasy či spĺňa, alebo nespĺňa nami zadefinované podmienky. Výsledky merania konkrétnej trasy sú k dispozícii v prílohe č. 1, č. 2 a č. 3.



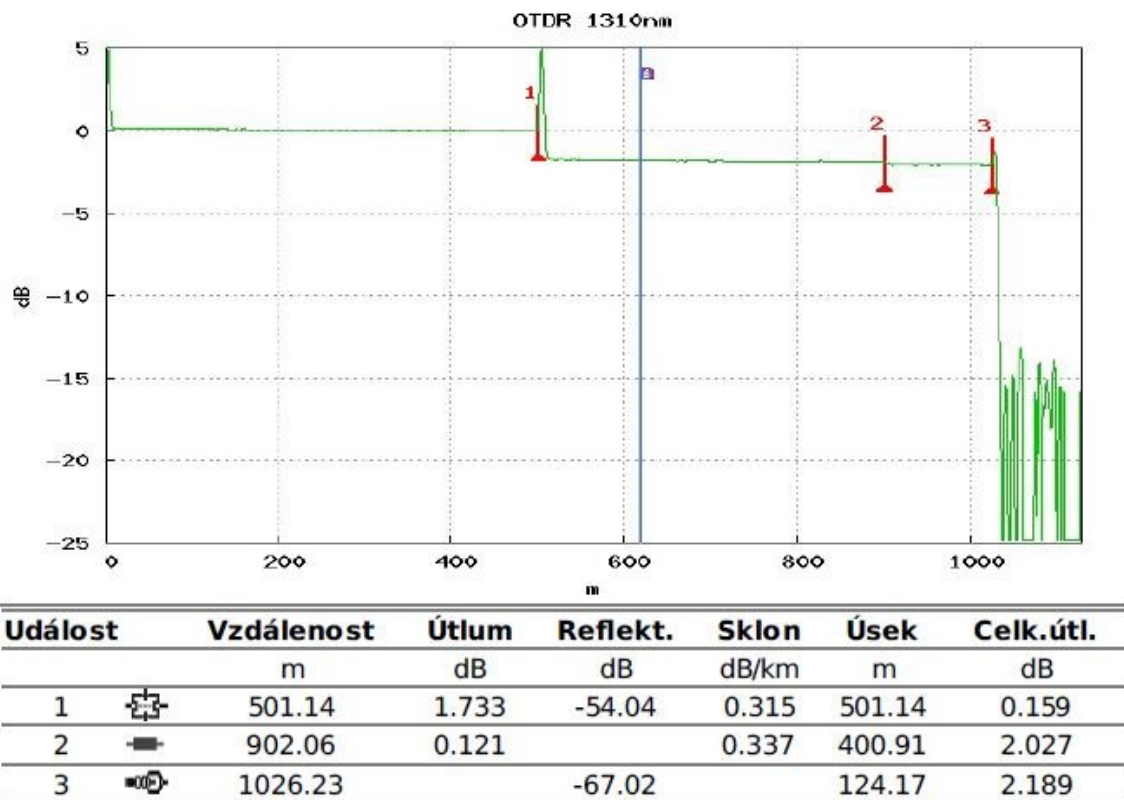
Obr. 45. JDSU OTDR MTS 4000. [24]

7.2.1 Výstupy merania OTDR

Meranie metódou OTDR sa považuje za relatívne výhodné meranie z dôvodu grafického výstupu merania, na ktorom je viditeľné, na ktorom úseku merania sa vyskytujú anomálie, poruchy, zväčšené útlmy a pod.

Trasa merania je v našom prípade cca 1 km. Ide o meranie od serverovne po sídlisko. V optickej trase sa nachádzajú konektory, spojky a jeden zvar. Preto by mala táto trasa vykazovať útlm cca do 3 dB. Čím bude útlm menší, tým je trasa kvalitnejšia.

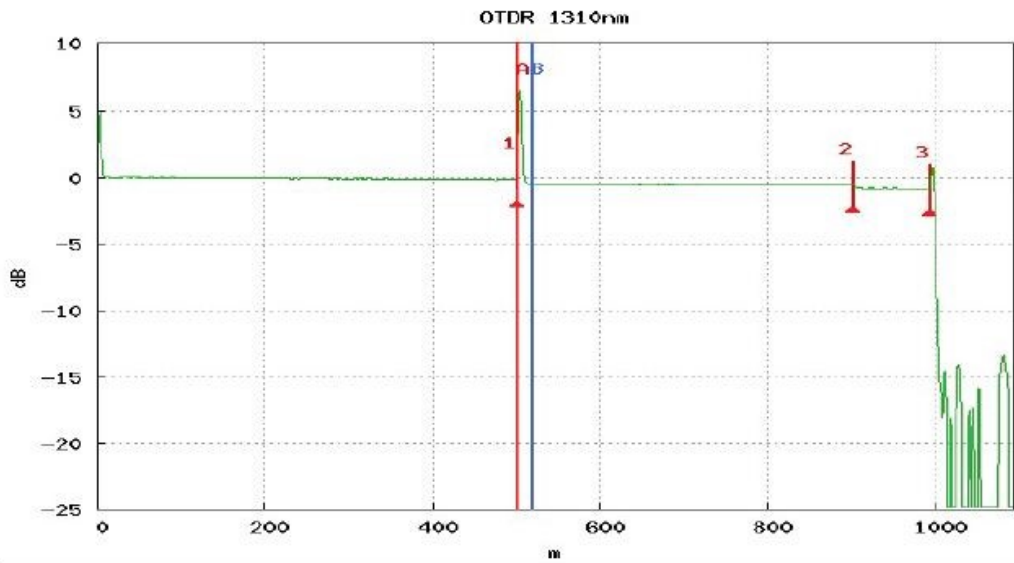
Trasa č.1:



Obr. 46. Výstup merania metódou OTDR trasy č.1 (serverovňa – sídlisko).

Prvých 0 až 500 m na grafe reprezentuje prehradné vlákno, ktoré optimalizuje meranie. Na 501,14 metre je viditeľné, že koniec prehradného vlákna zakončené konektorom vstupuje do spojky a zo spojky do ďalšieho konektora. Teda tento útlm vzniká v optickej vani serverovne. Celkový útlm v optickej vani je 1,733 dB. Od 501,14 metra je trasa čistá. V 902,06 metroch sa nachádza optická trasa v zemnej optickej spojke, kde bola zvarovaná na iný typ kabeláže. Teda suma zvaru sa rovná hodnote 0,121 dB. Z optickej zemnej spojky teda 902,06 m pokračuje optický kábel do distribučného boxu v budove bytového domu, kde je opäť ukončený konektorom na celkovej vzdialenosti 1 026,23 m. Celkový útlm trasy sa rovná 2,189 dB , čo spĺňa teoretické kritérium do 3 dB.

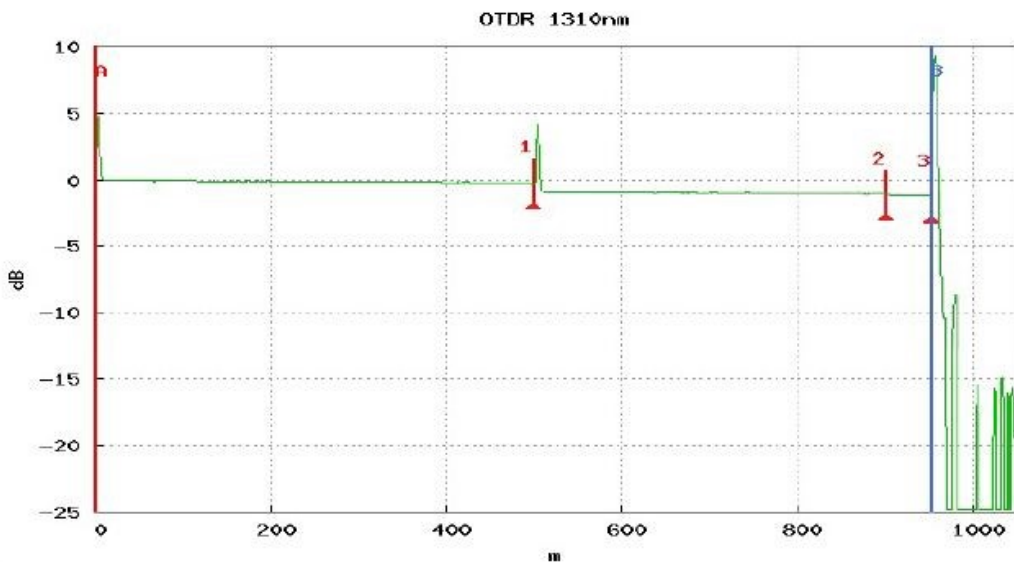
Trasa č.2:



Událost	Vzdálenost	Útlum	Reflekt.	Sklon	Úsek	Celk.útl.
	m	dB	dB	dB/km	m	dB
1	501.14	0.304	-50.49	0.330	501.14	0.165
2	901.42	0.176		0.324	400.28	0.600
3	993.35		-63.35	0.458	91.93	0.819

Obr. 47. Výstup merania metódou OTDR trasy č.2 (serverovňa – sídlisko).

Trasa č.3:



Událost	Vzdálenost	Útlum	Reflekt.	Sklon	Úsek	Celk.útl.
	m	dB	dB	dB/km	m	dB
1	501.14	0.773	-55.42	0.314	501.14	0.157
2	902.06	0.119		0.311	400.91	1.055
3	953.77		-42.57		51.71	1.191

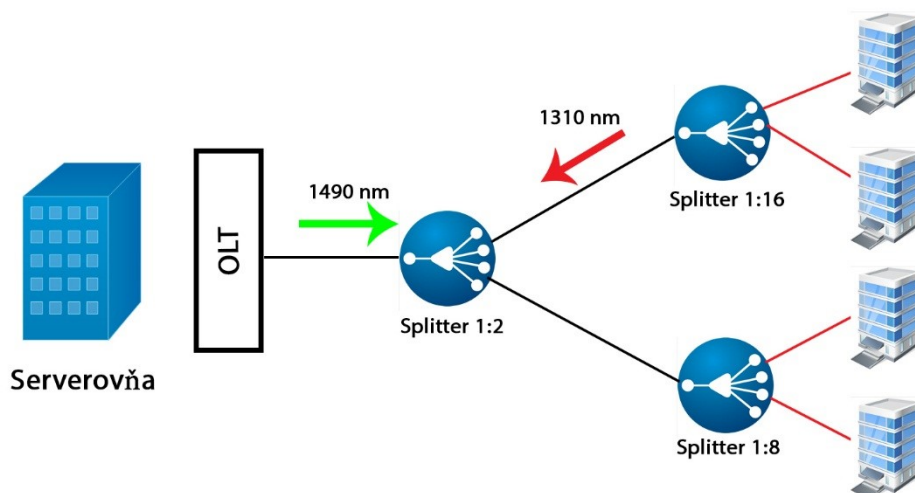
Obr. 48. Výstup merania metódou OTDR trasy č.3 (serverovňa- sídlisko).

Záver:

Pri porovnávaní ukázkových nameraných hodnôt je zrejmé, že sa líšia vo vzdialenostiach, no pri takýchto aplikáciách 100 m nehrá žiadnu úlohu. Z meraní vyplýva, že trasa č. 1 má v porovnaní s ostatnými trasami omnoho väčší útlm. Indikátory hodnôt zobrazujú zväčšené hodnoty útlmu na spojke v optickej vani. Čiže s najväčšou pravdepodobnosťou bude chyba na zvare pigtailu v optickej vani, alebo problém s konektorom v spojke. Pri meraní priamou metódou by sme túto poruchu veľmi prácne diagnostikovali.

7.3 Vlnové dĺžky

V súlade so štandardizáciou pre technológiu GPON sú navrhnuté konkrétne vlnové dĺžky a to vo vysielačom smere sa signál prenáša na vlnovej dĺžke 1 490 nm a v prijímačom smere sa signál šíri na vlnovej dĺžke 1 310 nm. Pre porozumenie viď. Obr. č. 49:



Obr. 49. Znáznornenie vlnových dĺžok.

7.4 Útlmová bilancia splitteru

Pre špecifické účely a inštalácie boli v rámci doporučení ITU - T G.984 definované tri útlmové triedy pre variant GPON. Uvádzané varianty sa líšia predovšetkým hraničnými hodnotami pre útlm optickej distribučnej siete ODN.

Tab. 2. Útlmové triedy pre GPON. [10]

Variant PON		Rozsah útlmu ODN
GPON	Trieda A	5 - 20 dB
	Trieda B	10 - 25 dB
	Trieda C	15 - 30 dB

Veľkú úlohu pri počítaní útlmu optickej pasívnej siete zohrávajú splitteri. Z pravidla čím väčší rozbočovací pomer, tým väčší je vložený útlm. Jednotlivé hodnoty splitterov sa dajú vypočítať zo vzťahu:

$$A = A_D + A_Z \quad (1)$$

- A_D – Hodnota deliaceho útlmu [dB],
- A_Z – Hodnota zostatkového delenia [dB].

Hodnota deliaceho útlmu (A_D) vychádza zo straty časti prenášaného signálu, ktorý je rozdelený do viacej vstupov splitteru. Je závislý od pomeru rozbočení 1:N. Zostatkový útlm (A_Z) je tvorený útlmom konektorov na splitteri, zvarmi, nepresnosťami vo výrobe atď. Typickou hodnotou pre tento útlm je hodnota medzi 0,5 až 2,5 dB. Dominantnou časťou je zložka A_D , ktorú môžeme vypočítať nasledujúcim vzťahom:

$$A_D = 10 \log (N) \quad (2)$$

Zo znázornených vzťahov (1), (2) vieme teda vypočítať predpokladaný útlm celej trasy. Pre jednotlivé deliace pomery odpovedá tabuľka s výpočtami:

Tab. 3. Výpočet útlmov pre splitter 1:N.

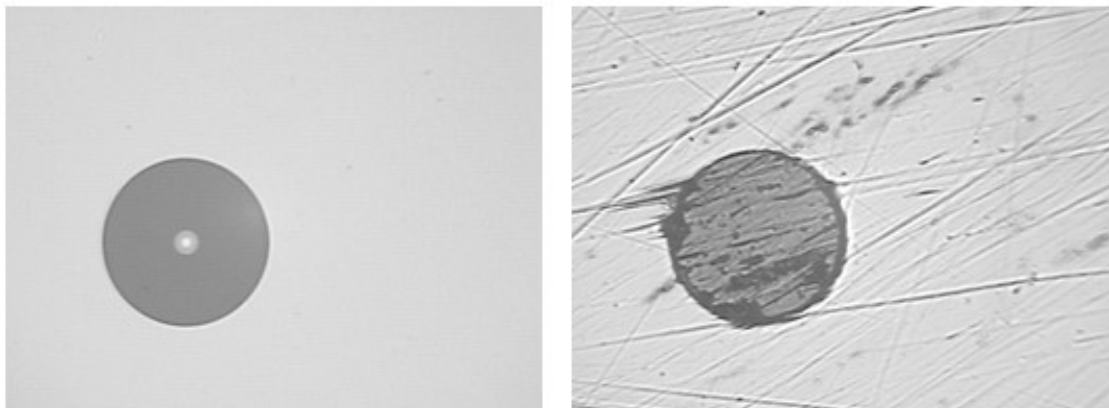
PLC SPLITTER 1 X N						
Parameter splitteru	1 x 2	1 x 4	1 x 8	1 x 16	1 x 32	1 x 64
Operačná vlnová dĺžka (nm)	1 260 ~ 1 650					
Typ vlákna	G657A					
Vložený útlm (dB)	3,8 ~ 4,0	7,1 ~ 7,3	10,2 ~ 10,5	13,5 ~ 13,7	16,5 ~ 16,9	20,5 ~ 21,0
Operačná teplota (°C)	od -40 do 85					
Rozmery (L x W xH)	40 x 4 x 4			50 x 4 x 4	50 x 7 x 4	60 x 12 x 4

Tab. 4. Výpočet útlmov pre splitter 2:N.

PLC SPLITTER 2 X N						
Parameter splittera	1 x 2	1 x 4	1 x 8	1 x 16	1 x 32	1 x 64
Operačná vlnová dĺžka (nm)	1 260 ~ 1 650					
Typ vlákna	G657A					
Vložený útlm (dB)	4,0~ 4,2	7,6~ 7,6	11,0~ 11,2	14,4~ 14,6	17,5~ 17,9	21,0~ 21,5
Operačná teplota (°C)	od -40 do 85					
Rozmery (L x W xH)	40 x 4 x 4			50 x 4 x 4	50 x 7 x 4	60 x 12 x 4

7.5 Čistota konektora

Na správnu funkčnosť a spoľahlivosť má okrem kvality materiálu ferule a geometrie konektora zásadný vplyv aj čistota ferule. Pred každou aplikáciou je potrebné ferulu vyčistiť isopropylalkoholom. Touto praktikou je možné dosiahnuť zisk až rádo vo jednotiek dB.



Obr. 50. Vľavo čistá ferula, vpravo znečistená ferula. [14]

7.6 Útlmová bilancia celkovej trasy

Pre zvolené prenosové médium 9/125 μm (single mode vlákno) sú udávané parametre ITU - T G.652. Sú definované 4 triedy vlákien označených A, B, C, D. Pre našu aplikáciu používame vlákna typu C, D, pretože vykazujú nižšie hodnoty merného útlmu. Pre prevádzku optickej pasívnej siete je najdôležitejšia maximálna hodnota najvyššieho útlmu.

Tab. 5. Merný útlm štandardných typov optických vlákien. [10]

Typ vlákna G.652	A [dB/km]	B [dB/km]	C [dB/km]	D [dB/km]
Max. hodnota meraného útlmu pre 1310 nm.	0,5	0,4	0,4	0,4
Max. hodnota meraného útlmu pre 1550 nm.	0,4	0,35	0,3	0,3

Pri budovaní požadovanej optickej trasy je nevyhnutné vhodným spôsobom spojenie alebo pripojenie kratších trás k hlavnej trase. Do úvahy prichádzajú dve možnosti a to mechanické spájanie vlákien, alebo zvaranie vlákien. Výhodou zvarania vlákien je nižšia hodnota merného útlmu ako pri použití spojky s konektorom. Avšak spoj už nie je rozoberateľný.

Tab. 6. Merný útlm konektorov, zvarov, spojky. [10]

Typ spoja / konektora	FC	ST	SC	E2000	zvar	spojka
Typická hodnota útlmu [dB]	0,2	0,4	0,2	0,2	0,05	0,2

V nasledovnom kroku, vykonáme samostatnú kalkuláciu, ktorá vyplýva zo sumarizácie všetkých vložených útlmov. Podľa vzorca :

$$A = A_{konektor} + A_{splitter} + A_{rozvadzač} + A_{zvar} + A_{vlákno} \text{ [dB]} \quad (3)$$

Teoretický výpočet podľa vzorca (3) je detailnejšie rozpísaný v tabuľke (Tab. 7). Sčítaním všetkých komponentov nám určuje teoretický útlm distribučnej siete. Avšak každé OLT zariadenie vloží do ODN svoj výkon, ktorý je závislý od zariadenia. Táto hodnota sa pohybuje okolo + 4 až 7 dBm.

Pre skutočnú hodnotu je potreba aplikovať vzorec (4), kde P je vložený výkon zariadenia:

$$A = P_{zdroja} - (A_{konektor} + A_{splitter} + A_{rozvadzač} + A_{zvar} + A_{vlákno}) \text{ [dB]} \quad (4)$$

Tab. 7. Kalkulácia celkového útlmu optickej distribučnej siete.

		Počet[ks] dĺžka [km]	Nominálna hodnota [dB, dB/km]	Celkový útlm [dB]
Konektor	typ SC	2	0,2	0,4
Optický splitter	rozbočovací pomer 1:8	1	10,5	10,5
Optický rozvádzač	konektor SC	1	0,5	0,5
Spojka	SC/SC	2	02	0,4
Optický zvar	_____	1	0,05	0,05
Optické vlákno	G.652 kat. C	1,026	0,5/1	0,5
Celkový útlm ODN:				12,35
				Variant GPON: B

V prílohách môžeme porovnať ako veľa sa líši skutočnosť od teoretického výpočtu. S veľkou pravdepodobnosťou bude mať reálne meranie vyššie hodnoty útlmu. Vychádza to predovšetkým z podmienok, kde je inštalácia vykonávaná, od skúseností technika, manipulácie s kabelážou a ďalších aspektov.

7.7 Konfigurácia zariadení a analýza porúch

Počiatočná konfigurácia jednotlivých zariadení je pre každé zariadenie iné no každá značka podporuje v princípe rovnaké funkcionality. Pre názornú ukážku som vybral

a porovnal dva typy zariadení. Značka Huawei, ktorá je lídrom na trhu a druhé zariadenie značky Dasan, ktorá je menej známa.

7.7.1 ONT/ONU Huawei

V základnom defaultnom nastavení sa k ONU pripojíme prostredníctvom IP adresy: **192.168.100.1** / maska podsiete: 255.255.255.0 . Zobrazí sa prihlasovacia stránka, kde zadáme meno: *telecomadmin* a heslo: *admintelecom*.

Po zadaní prihlasovacích údajov sa nachádzame na hlavnej konfiguračnej stránke zariadenia. V karte označenej WAN nastavíme dynamické pridelovanie IP adries. Pokiaľ máme sieť rozdelenú na virtuálne úseky je potreba zadať číslo VLAN. V základnej konfigurácii je nastavená hodnota na VLAN ID 136.

V karte WLAN – *WLAN Basic Configuration* sa nastavuje SSID Name a WPA PreSharedKey.

Keďže zariadenie podporuje službu IPTV, nastavujeme taktiež porty pre televízne vysielanie. V štandardnej konfigurácii je ONU nastavené v režime router (Internet - port 1 až 3), (IPTV - port 4). V prípade zmeny alebo potreby rozšírenia IPTV portov sa postupuje nasledovne:

1. Odpojíme zvolený LAN port z WAN pripojenia: *WAN- Binding Options* - zrušíme háčik u zvoleného portu.
2. Nastavíme LAN port do režimu L2 (bridge): *LAN-LAN Port Work Mode* - zrušíme háčik u zvoleného portu.
3. Na OLT nastavíme pre daný port natívnu multicast VLAN (*ont port native-vlan*).

Ak chceme previesť LAN port z IPTV na Internet postupujeme opačne v opačnom poradí.

Diagnostika poruchy:

Na stránke zvolíme políčko ONU Status - *Optical Information*, kde sa zobrazujú informácie o stave optického portu. Najdôležitejšie je RX Optical power (Úroveň prijímaného signálu), ktorej hodnota nesmie prekročiť hodnotu -30 dB.

ONT Information		
	Current Value Aktuálne	Reference Val Povolený rozsah
Optical Signal Sending Status:	Auto	Auto
TX Optical Power:	2.36 dBm	0.5 to 5 dBm
RX Optical Power:	<u>-13.74 dBm</u>	-30 to -8 dBm
Working Voltage:	3269 mV	3100 to 3500 mV
Bias Current:	11 mA	0 to 90 mA
Working Temperature:	39 °C	-10 to +85 °C

Obr. 51. Informácie o stave optického portu.

Ďalším indikátorom poruchy je svetelná signalizácia diód na zariadení. Pokiaľ svieti dióda (LOS) na červeno tak zariadenie nemá, alebo má nedostatočný signál. Informácie o stave signálu je možné zistiť aj prostredníctvom terminálu u pripojenia na OLT.

7.7.2 ONT/ONU Dasan

Na OLT po prihlásení sa, je potreba prejsť do privilegovaného režimu príkazom *enable*. V tomto režime je možné nastaviť každému ONU profil. Každý profil obsahuje sadu nastavení. Najdôležitejším z nich je zoznam VLAN pridelených na UNI port a konfigurácia muticastu pre IPTV. Pre každé ONU musí byť vytvorený samostatný profil. V OLT je pred vytvorených niekoľko profilov.

```
# show onu-profile | include ##
## ONU Profile Description (H640GW-12N3-34B101I)
## ONU Profile Description (H645G-1B)
## ONU Profile Description (H645G-1B101I)
## ONU Profile Description (H645G-1B101TI3)
## ONU Profile Description (H645G-1B101TI72)
## ONU Profile Description (H645G-1B101TI73)
## ONU Profile Description (H645G-1B3)
## ONU Profile Description (H645G-1B70)
## ONU Profile Description (H645G-1B72)
## ONU Profile Description (H645G-1B73)
## ONU Profile Description (H645G-1N3)
## ONU Profile Description (H645G-1N72)
## ONU Profile Description (H645G-1N73)
## ONU Profile Description (H665-1B101TI72)
## ONU Profile Description (H665-1B72)
```

Obr. 52. ONU profily.

Ich názvy pozostávajú z názvov zariadení napríklad typ HG645G a zoznamu nastavení UNI portov napríklad: 1B72 - port 1 UNI v režime Bridge VLAN 72.

Po pripojení ONU do siete sa zaregistruje zariadenie k OLT samo. Následne si treba zistiť ID a treba mu prideliť konfiguračný profil so skratkou klienta pre rozpoznateľnosť zariadenia v sieti. ONU sa identifikuje podľa sériového čísla (Serial No.).

```
# show onu info
-----
OLT | ONU | STATUS | Serial No. | Distance | Rx Power | Profile
-----
 1 | 2 | Active | DSNWcbf4feb2 | 710m | - 11.5 dBm | H645G-1B
# configure terminal
(config)# gpon
(gpon)# gpon-olt 1
(config-gpon-olt[1])# onu-profile 2 H645G-1B72
(config-gpon-olt[1])# onu description 2 skratkaklienta
(config-gpon-olt[1])# end
# copy running-config startup-config
```

Obr. 53. Informácie o stave optického portu.

Na ONU je možné sa pripojiť i za pomoci IP adresy. Defaultná IP adresa je **192.168.55.1**. Vo web managemente sa prihlásime pod účtom: **admin** heslo: **vertex25**. Nie je potreba nič nastavovať, ONU si natiahne údaje po zaregistrovaní z OLT. Vo web managemente môžeme skontrolovať taktiež ako v predošlom zariadení Huawei stav o optickom pripojení.

Diagnostika poruchy:

Poruchy pripojenia identifikujeme za pomoci terminálových príkazov, alebo na základe signalizácie diód na zariadení.

- Stav portov - príkaz *show port*.
- Zoznam reg. ONU, stavové informácie - *show onu info*.
- Informácie o ONU (dôvod posledného výpadku, od kedy?) - *show onu detail-info*.
- Stav GBIC modulov na OLT - *show port module-info*.

8 CENOVÁ KALKULÁCIA PROJEKTU

Cenová kalkulácia celej výstavby sa môže odvíjať od zvoleného dodávateľa služieb. Kalkulácia zahŕňa položky týkajúce sa hrubej výstavby. Nie sú do nej započítané náklady spojené so zariadením, ktoré závisí od počtu klientely a typu služieb. Kalkulácia zobrazuje rozpočet pre vytvorenie infraštruktúry pokrytia celého sídliska. Ceny zahŕňajúce finalizáciu u klienta, zvracacie úkony je potrebné vypočítať na konkrétne časové obdobia, čo by reálne navýšilo celkovú sumu.

Tab. 8. Celková kalkulácia výstavby optickej infraštruktúry.

Chránička káblov		Typ materiálu	Trasa (m)	Cena €/m	Spolu (€)
		Trubička 12/10 mm	390	0,65	253,5
	Segment A	Trubička 10/8 mm	790	0,52	410,8
	Segment B	Trubička 10/8 mm	285	0,52	148,2
	Segment C	Trubička 10/8 mm	250	0,52	130
	Segment D	Trubička 10/8 mm	165	0,52	85,8
	Segment E	Trubička 10/8 mm	110	0,52	57,2
	Spolu :				1085,5
Optická kabeláž		Typ materiálu	Trasa (m)	Cena €/m	Spolu (€)
		Kabeláž hlavná trasa (72 vl.)	390	1,6	624
	Segment A	Kabeláž odbočujúca kabeláž (12 vl.)	790	0,6	474
	Segment B	Kabeláž odbočujúca kabeláž (12 vl.)	285	0,6	171
	Segment C	Kabeláž odbočujúca kabeláž (12 vl.)	250	0,6	150
	Segment D	Kabeláž odbočujúca kabeláž (12 vl.)	165	0,6	99
	Segment E	Kabeláž odbočujúca kabeláž (12 vl.)	110	0,6	66
	Spolu :				1584
Optická kabeláž		Typ materiálu	Trasa (m)	Cena €/m	Spolu (€)
	Segment A	Reiser kabel (12 vlákno)	200	0,89	178
	Segment B	Reiser kabel (12 vlákno)	150	0,89	133,5
	Segment C	Reiser kabel (12 vlákno)	150	0,89	133,5
	Segment D	Reiser kabel (12 vlákno)	80	0,89	71,2
	Segment E	Reiser kabel (12 vlákno)	140	0,89	124,6
Spolu :				640,8	

Optický rozvádzač		Typ materiálu	Počet (ks)	Cena €/ks	Spolu (€)
	Segment A	Optický rozvádzač (vnútorný)	6	109,9	659,4
	Segment B	Optický rozvádzač (vnútorný)	4	109,9	439,6
	Segment C	Optický rozvádzač (vnútorný)	5	109,9	549,5
	Segment D	Optický rozvádzač (vnútorný)	2	109,9	219,8
	Segment E	Optický rozvádzač (vnútorný)	2	109,9	219,8
Spolu :					2088,1
Spojovací materiál		Typ materiálu	Počet (ks)	Cena €/ks	Spolu (€)
		Zemný box	4	138	552
		Zemná spojka	4	170	680
Spolu :					1232
Realizačné práce		Realizačné služby	Trasa (m)/ počet (ks)	Cena €/m cena €/ks	Spolu (€)
	Celý segment	Výkop trávinatej plochy	1500	7,5	11250
		Osadenie zemných boxov	4	7	28
		Zafukovanie kabeláže	---	---	---
		Zváranie kabeláže	---	---	---
Spolu :					11278
Celková cena:				17 908,40 €	

Návratnosť investícií pri plnej kapacite klientov s najmenšou taxou za služby, čo predstavuje v priemere okolo 10 €/mesiac, je vypočítaná v rozmedzí jedného až dvoch rokov.

ZÁVER

Rozvoj dátových služieb v súčasnosti poukazuje na to, že mikrovlnné zariadenia by mali v blízkej budúcnosti ukončiť svoje poslanie v mestských aglomeráciách. Pretože mnoho z lokálnych poskytovateľov ešte stále vsádza na tieto technológie, stávajú sa čím ďalej tým menšou konkurencie schopnou súčasťou na trhu. Rozvoj širokopásmových služieb tlačí poskytovateľov budovať optické siete, ktoré sa stávajú vo väčšine miest štandardom.

V teoretickej časti diplomovej práce som popisoval skladbu systému, rozdiely v kabeláži a spôsoby, akými sa dnes dostáva optická kabeláž do zeme. Na trhu dnes máme na výber z množstva technológií, ktoré sa až tak od seba nelíšia a všetky sa snažia dosiahnuť čo najlepšie výsledky. V práci som popísal technológiu budovania, výkopov, rozvetvovania siete. Porovnal som možnosti zariadení dostupných na trhu a snažil sa čitateľovi sprístupniť informácie a možnosti týchto zariadení.

V praktickej časti, som sa zameril na reálny návrh budovania optickej pasívnej siete vo vybranej lokalite. Výber technológie mikrotrubičiek považujem za jednu z tých menej náročných aplikácií a preto som siahol po tomto variante budovania. Sídlisko, v ktorom som budoval túto sieť je mojou reálnou aplikáciou. Diplomová práca ponúka kompletný návod na návrh, vybudovanie a v závere i reálne výstupy merania infraštruktúry. V práci som popísal rozdiel meracích techník a to meranie transmisnou (priamou) metódou za pomoci optického zdroja svetla a prijímača, kedy je možné zistiť len hodnotu útlmov bez bližších špecifikácií. Druhá, presnejšia metóda, pri ktorej som pracoval s inteligentnejším vyhodnocovacím zariadením, a to reflektometrickou metódou (meranie pomocou OTDR), som dôkladne popísal výstupy z meradla, aby bolo zrejme ako poruchy detekovať a analyzovať. Toto meranie som si nasledovne porovnal s teoretickým výpočtom a zhodnotil som, že výstupy sa od seba veľmi nelíšia, čiže som mal spätnú väzbu, že je všetko v norme. Ďalšou možnosťou ako si overiť správnosť svojich výpočtov a meraní som ponúkol na úrovni vzdialeného managementu v zariadeniach OLT a ONU. Práca sa vo veľkej miere venovala i útlmovej bilancii jednotlivých prvkov, predovšetkým optickým splitterom. Je v nej vysvetlené, kde útlmy vznikajú a ako sa s nimi pracuje.

V závere tejto práce som navrhol možné riešenia ako aplikovať a ukončiť pripojenie v bytových domoch. Poukazujem na to, ako sa vytvára riešenie v existujúcom dome a ako sa postupuje pri výstavbe novostavby. Implementáciu riešení som zhodnotil

a nasledovne vyčíslil. Z návrhu tohto projektu je možné oboznámiť čitateľa s nákladmi a zároveň určiť približne časovú os, kedy sa takáto investícia premení v zisk.

Je zrejmé, že budovaním optickej infraštruktúry poskytovateľ získa mnoho možností ako sa na trhu presadiť a byť konkurencie schopný. Práve táto aplikácia poukazuje na to, že vo chvíli, kedy je vybudovaná spoľahlivá ODN, môžeme prevádzkovať pripojenie do Internetu, IPTV, VoIP i ďalšie služby súčasne, čo by na bezdrôtovom spoji nebolo stabilné v konečnom výsledku ani realizovateľné. Optické pasívne siete, sú na trhu už niekoľko rokov, no málokto sa pre ne z finančných dôvodov, alebo z nedostatku informácií rozhodol. Na rozdiel od minulosti sa ceny optických technológií priblížili na únosnú hranicu a sú cenovo prijateľné. Výhoda a potenciál sa skrýva v používaní pasívnych komponentov, čím robí túto technológiu nadčasovou, ekologickejšou a energeticky efektívnejšou.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] BUBNÍK, Lukáš, Jiří KLAJBL a Petr MAZUCH. *Optoelektrotechnika* [online]. 2015 [cit. 2016-11-01]. ISBN 978-80-88058-20-5. Dostupné z: <https://publi.cz/books/185/Impresum.html>
- [2] ŠTEFANČÍK, MATEJ. *ANALÝZA OPTICKÝCH PŘÍSTUPOVÝCH SÍTÍ V ČESKÉ REPUBLICE* [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-11-23]. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. PETR MÜNSTER.
- [3] BOBKOVÍČ, PETER. *ŠIROKOPÁSMOVÁ FTTX PŘÍPOJKA NA ARCHITEKTUŘE WDM - PON* [online]. Brno, 2010 [cit. 2016-11-23]. Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce DOC. ING. MILOSLAV FILKA, CSC.
- [4] Lupa.cz. *Pasivní optická síť* [online]. 2003 [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <http://www.lupa.cz/clanky/pasivni-opticka-sit/>
- [5] ŠTĚPÁN, PETR. *TRENDY PŘÍSTUPOVÝCH SÍTÍ*. Brno, 2014. Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Prof. Ing. MILOSLAV FILKA, CSc.
- [6] ZLOCH, TOMÁŠ. *Když GPON, tak HUAWEI.* [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: http://www.konference.internetprovsechny.cz/prerov2013/slides/20/GPON%202013_public.pdf
- [7] Huawei ONT HG824H. *ONT datasheet* [online]. [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: www.huawei.com
- [8] TRULOVE, James. *Sítě LAN: hardware, instalace a zapojení*. Praha: Grada, 2009. Profesionál. ISBN 978-80-247-2098-2.
- [9] PETRASEK, Milan. *Optika 2 - druhy konektorů* [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://pedro-cz.blogspot.cz/2011/03/optika-2-druhy-konektoru.html>
- [10] LAFATA, P. *Útlumová bilance pasivních optických přístupových sítí* [online]. [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz>
- [11] VODRÁŽKA, J. *Základy FTTx* [online]. [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz>
- [12] VODRÁŽKA, J. a P. LAFATA. *Pasivní optická síť GPON* [online]. [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/>

- [13] *Huawei OLT* [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://e-file.huawei.com>
- [14] *Čistota konektorov* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.zvaranieoptiky.sk/garancia-kvality/cistota-konektorov/>
- [15] *HDPE 40/34mm* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.tes-slovakia.sk/produkty/4034mm/>
- [16] *Multirúra 40/7x10mm* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.tes-slovakia.sk/produkty/multirury/>
- [17] *MATRIX 50/50/40* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.tes-slovakia.sk/?s=matrix>
- [18] *Huawei HG8245H* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://gponsolution.com/wp-content/uploads/2015/07/Huawei-Echo-life-G8245H-ONT.jpg>
- [19] *Fólia 20cm* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.tes-slovakia.sk/produkty/vystrazne-folie/>
- [20] *Fiber holder* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.4net.md/upfiles/goods/foto/220299001461846101.jpg>
- [21] *Fiber optic box* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.fibermsd.com/en/uploadfile/image/2010112313560050160173.jpg>
- [22] *Fiber Optic Test Kit* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: http://www.specialized.net/Specialized//Assets/ProductImages/880X224_PLI.jpg
- [23] *Merania charakteristík optických trás pomocou OTDR* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z : https://moodle.pf.ku.sk/pluginfile.php/30205/mod_resource/content/0/Elektronicka_ucebnica/lab5.html
- [24] *JDSU OTDR 6000* [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <https://i.ytimg.com/vi/Gh82wIY4eRA/maxresdefault.jpg>
- [25] HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER. *Počítačové sítě pro začínající správce*. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 9788025131763.
- [26] LAM, Cedric F. *Passive optical networks: principles and practice*. Boston: Elsevier/Academic Press, c2007. ISBN 0123738539.
- [27] SAMI LALLUKKA & PERTTI RAATIKAINEN. *Passive optical networks: transport concepts*. Espoo: VTT, 2006. ISBN 9513867072.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

A/D	Analog/Digital
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
APON	ATM Passive Optical Network
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BPON	Broadband Passive Optical Network
CS	Typ optického konektora
DC	Direct current
EPON	Ethernet Passive Optical Network
FBT	Fused bionic taper
FC	Typ optického konektora
FTTB	Fiber to the Building
FTTC	Fibre to the Cabinet
FTTD	Fiber to the Desk
FTTH	Fiber to the Home
FTTO	Fiber to the Office
GBIC	Gigabit interface converter
GPON	Gigabit Passive Network
HDPE	High density polyethylene
HQoS	Hierarchical Quality of Service
IPTV	Internet Protocol television
ITU	International Telecommunication Union
LAN	Local Area Network
LC	Typ optického konektora
MAN	Metropolitan Area Network

MIMO	Multiple-input multiple-output
MM	Multi mode
ODN	Optická distribučná sieť.
OLT	Optical line terminal.
ONT	Optical Network Terminal.
ONU	Optical Network Unit.
OTDR	Optical time-domain reflectometer
P2MP	Point to Multi point
P2P	Point to Point
PLC	Planar Lightwave Circuit
PMD	Polarizačná vidová disperzia
PON	Passive Optical Network
QoS	Quality of service
RF	Radio frequency
RX	Prijímanie signálu
SFP	Small Form-Factor Pluggable
SM	Single mode
SSID	Service Set Identifier
ST	Typ optického konektora
USB	Universal Serial Bus
VLAN	Virtuálna lokálna sieť
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAN	Wide Area Network
WIFI	Wireless local area networking
WPA	Wi-Fi Protected Access

ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obr. 1. Single mode vlákno – SM. [1]</i>	11
<i>Obr. 2. Multi mode vlákno MM-SI. [1]</i>	12
<i>Obr. 3. Multi mode vlákno MM-GI. [1]</i>	12
<i>Obr. 4. Konštrukcia optických vlákien. [1]</i>	13
<i>Obr. 5. Konštrukcia optických káblov. a) nosný prvok v ose b) nosný prvok na obvode. [1]</i>	13
<i>Obr. 6. Optická prístupová sieť P2MP. [1]</i>	16
<i>Obr. 7. Blokovaná schéma zapojenia FTTC.</i>	16
<i>Obr. 8. Blokovaná schéma zapojenia FTTB.</i>	17
<i>Obr. 9. Blokované schéma zapojenia FTTH.</i>	17
<i>Obr. 10. Stromová topológia 1:N [1]</i>	18
<i>Obr. 11. Stromová topológia 2:N [1]</i>	18
<i>Obr. 12. HDPE trubka s priemerom 40 mm. [15]</i>	22
<i>Obr. 13. Multikanál. [16]</i>	22
<i>Obr. 14. Matrix. [17]</i>	23
<i>Obr. 15. Spojovací materiál pre systém mikrotrubičiek. [1]</i>	24
<i>Obr. 16. OLT Huawei model MA5600T. [13]</i>	25
<i>Obr. 17. Huawei ONT model HG824H. [18]</i>	26
<i>Obr. 18. Schéma PLC a FBT splitteru. [1]</i>	28
<i>Obr. 19: Konektor typu SC. [8]</i>	28
<i>Obr. 20. Konektor typu LC. [8]</i>	28
<i>Obr. 21. Typy brúsenia ferule: NPC, PC APC. [9]</i>	29
<i>Obr. 22. Mapa sídliska Sotínska ulica.</i>	31
<i>Obr. 23. Rozdelenie sídliska na segmenty.</i>	31
<i>Obr. 24. Trasovanie optickej kabeláže.</i>	32
<i>Obr. 25. Výkop na sídlisku s pokládkou.</i>	33
<i>Obr. 26. Mikrotrubičky použité vo výkope.</i>	34
<i>Obr. 27. Inštalácia zemného boxu.</i>	34
<i>Obr. 28. Inštalácia trubičiek do boxu.</i>	35
<i>Obr. 29. HDPE ako ochrana mikrotrubičiek.</i>	35
<i>Obr. 30. Telekomunikačná páska a Markery. [19]</i>	36
<i>Obr. 31. Zakopávanie výkopu.</i>	36

<i>Obr. 32. Zafukovanie optického kábla.</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 33. Detail podávača zafukovacieho zariadenia.</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 34. Holder 900 μm. [20]</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 35. Výsledok zvaracieho procesu.</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 36. Ukážka zvaracieho automatu Fujikura S60 a zemnej spojky so zvarmi.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 37. Ukážka distribučného boxu v bytových priestoroch.</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 38. Distribučný box v suteréne.</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 39. Reiser kábel a jeho rez pri aplikácii do menšieho boxu na poschodí.</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 40. Box na každom poschodí.</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 41. Ukončovacia krabička v bytových priestoroch. [21]</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 42. Schéma zapojenia pri meraní.</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 43. Zdroj žiarenia, merač výkonu. [22]</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 44. Blokové schéma OTDR prístroja. [23]</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 45. JDSU OTDR MTS 4000. [24]</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 46. Výstup merania metódou OTDR trasy č.1 (serverovňa – sídlisko).</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 47. Výstup merania metódou OTDR trasy č.2 (serverovňa – sídlisko).</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 48. Výstup merania metódou OTDR trasy č.3 (serverovňa- sídlisko).</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 49. Znáznornenie vlnových dĺžok.</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 50. Vľavo čistá ferula, vpravo znečistená ferula. [14]</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 51. Informácie o stave optického portu.</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 52. ONU profily.</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 53. Informácie o stave optického portu.</i>	<i>56</i>

ZOZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Špecifikácie jednotlivých optických pasívnych sietí. [1]</i>	20
<i>Tab. 2. Útlmové triedy pre GPON. [10]</i>	50
<i>Tab. 3. Výpočet útlmov pre splitter 1:N.</i>	50
<i>Tab. 4. Výpočet útlmov pre splitter 2:N.</i>	51
<i>Tab. 5. Merný útlm štandardných typov optických vlákien. [10]</i>	52
<i>Tab. 6. Merný útlm konektorov, zvarov, spojky. [10]</i>	52
<i>Tab. 7. Kalkulácia celkového útlmu optickej distribučnej siete.</i>	53
<i>Tab. 8. Celková kalkulácia výstavby optickej infraštruktúry.</i>	57

ZOZNAM PRÍLOH

- P I Výsledné meranie trasy (OTDR) trasa č.1
- P II Výsledné meranie trasy (OTDR) trasa č.2
- P III Výsledné meranie trasy (OTDR) trasa č.3

PRÍLOHA P I: VÝSLEDNÉ MERANIE TRASY (OTDR) TRASA Č.1

Print date : 15/07/2016 15:27

Soubor :



ID kabelu : 001
Začátek : serverovna
Job Id : 001

ID vlákna : 01
Konec : sotinska
Technik : Ruzicka Radoslav

MTS 4000 (S/N 5638)

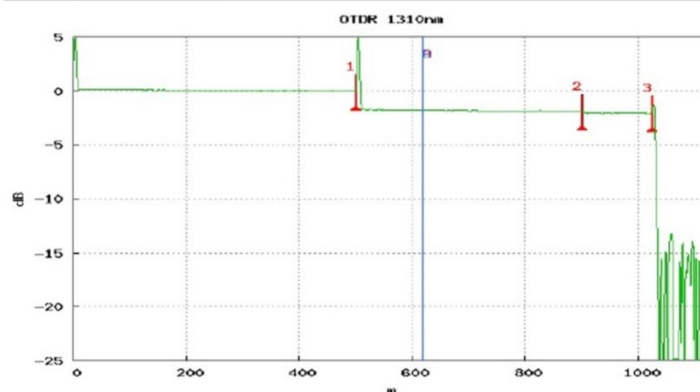
4126 LM (S/N 5467)

Datum : 15/07/2016 15:27

Setup	1310nm	30ns	2km	32cm	20.0s	1.46750	-79.0 dB
OTDR							
Alarmy							
Prahové hodnoty	None						
Souhrn							
Název souboru	Laser	Celkový	útlum	ORL	úseku	Konec	vlákna
	nm	dB	dB	dB	m		Směr měření
	1310	2.189	40.50	1026.23	serverovna-sotinska	3	Událost

A : 620.13m -1.805 dB

B : 620.13m -1.805 dB



Událost	Vzdálenost	Útlum	Reflekt.	Sklon	Úsek	Celk.útl.
	m	dB	dB	dB/km	m	dB
1	501.14	1.733	-54.04	0.315	501.14	0.159
2	902.06	0.121		0.337	400.91	2.027
3	1026.23		-67.02		124.17	2.189

PRÍLOHA P II: VÝSLEDNÉ MERANIE TRASY (OTDR) TRASA Č.2

Print date : 15/07/2016 15:27

Soubor :



ID kabelu : 001
Začátek : serverovna
Job Id : 001

ID vlákna : 02
Konec : sotinska
Technik : Ruzicka Radoslav

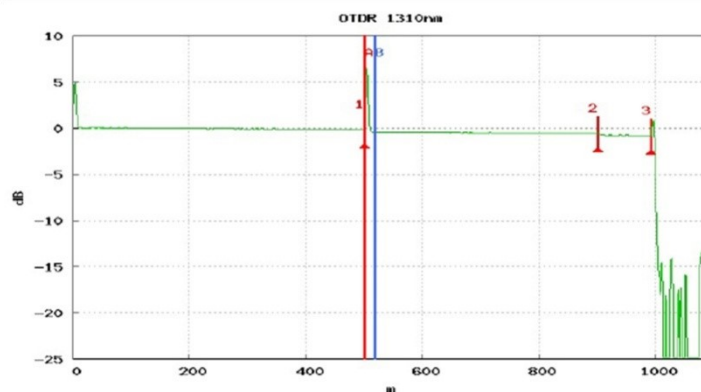
MTS 4000 (S/N 5638)

4126 LM (S/N 5467)

Datum : 15/07/2016 15:27

Setup	1310nm	30ns	2km	32cm	20.0s	1.46750	-79.0 dB
OTDR							
Alarmy	None						
Prahové hodnoty	None						
Souhrn							
Název souboru	Laser nm	Celkový útlum dB	útlum ORL dB	úseku vlákna m	Konec vlákna m	Směr měření	UdálostAlarmy
	1310	0.819	39.41	993.35	serverovna-sotinska		3

A : 501.12m -0.114 dB **A-B : 17.67m 18.212 dB/Km** **0.322 dB**
B : 518.79m -0.436 dB



Událost	Vzdálenost m	Útlum dB	Reflekt. dB	Sklon dB/km	Úsek m	Celk.útl. dB
1	501.14	0.304	-50.49	0.330	501.14	0.165
2	901.42	0.176		0.324	400.28	0.600
3	993.35		-63.35	0.458	91.93	0.819

PRÍLOHA P III: VÝSLEDNÉ MERANIE TRASY (OTDR) TRASA Č.3

Print date : 15/07/2016 15:27

Soubor :



ID kabelu : 001
Začátek : serverovna
Job Id : 001

ID vlákna : 03
Konec : sotinska
Technik : Ruzicka Radoslav

MTS 4000 (S/N 5638)

4126 LM (S/N 5467)

Datum : 15/07/2016 15:27

Setup							
OTDR	1310nm	30ns	2km	32cm	20.0s	1.46750	-79.0 dB
Alarmy							
Prahové hodnoty	None						
Souhrn							
Název souboru	Laser	Celkový	útlum	ORL	úseku	Konec	vlákna
	nm	dB	dB	dB	m	m	Směr měření
	1310	1.191	40.13	953.77	serverovna-sotinska	3	UdálostAlarmy

A : 0.00m -0.020 dB
B : 954.40m -0.841 dB
A-B : 954.40m 0.861 dB/Km
0.822 dB



Událost	Vzdálenost	Útlum	Reflekt.	Sklon	Úsek	Celk.útl.
	m	dB	dB	dB/km	m	dB
1	501.14	0.773	-55.42	0.314	501.14	0.157
2	902.06	0.119		0.311	400.91	1.055
3	953.77		-42.57		51.71	1.191